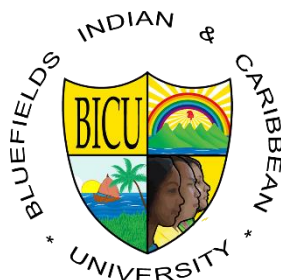


Bluefields Indian & Caribbean University BICU



Facultad de los Recursos Naturales y Medio Ambiente

FARENA

Escuela de Biología Marina

Carrera: Biología Marina

Monografía

Para optar al título de: Licenciatura en Biología Marina

Análisis del crecimiento en peso de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques
circulares de geomembrana, cultivada en la granja de cultivo semi-intensivo
NAFCOSA – Krukira, durante el periodo de octubre - diciembre (2015) y junio –
agosto (2016)

Autor: Br. José Luis Corrales Ocampo

Tutor: MSc. Johnny Enrique Maradiaga Useda

Octubre, 2018

Bluefields, RACCS, Nicaragua

CONTENIDO DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	JUSTIFICACIÓN	6
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
V.	OBJETIVOS	8
5.1	Objetivo General	8
5.2	Objetivos Específicos	8
VI.	MARCO TEÓRICO.....	9
6.1	Conceptualizaciones	9
6.1.1	<i>Acuicultura</i>	9
6.1.2	<i>Piscicultura</i>	9
6.1.3	<i>El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)</i>	9
6.1.4	<i>Crecimiento de la Tilapia (Oreochromis niloticus)</i>	9
6.1.5	<i>Crecimiento acumulado</i>	10
6.1.6	<i>Ritmo de crecimiento</i>	10
6.2	Generalidades de la Tilapia Nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
6.3	Taxonomía	11
6.4	Ciclo de Vida de la Tilapia.....	12
6.5	Reproducción	12
6.6	Transporte y empaque de alevines.	12
6.7	Siembra de alevines.....	13
6.8	Alimentación.....	13
6.8.1	<i>Aspectos importantes sobre el alimento</i>	14

6.8.2	<i>Tiempos de alimentación</i>	14
6.8.3	<i>Determinación de la ración alimenticia</i>	15
6.9	Calidad de agua	15
6.10	Aireación Artificial	17
6.11	Fases que incluye toda actividad acuícola.....	20
6.11.1	<i>Flujograma de Proceso</i>	20
VII.	HIPÓTESIS	21
7.1	Hipótesis nula.....	21
7.2	Hipótesis Alternativa.....	21
VIII.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
8.1	Área de estudio	22
8.2	Tipo de estudio.....	22
8.3	Transporte y aclimatación	22
8.4	Universo, población y muestra	24
8.5	Alimentación.....	25
8.6	Instrumento de la investigación	26
8.7	Técnica de Recolección de Datos.....	27
8.7.1	<i>Fuentes primarias</i>	27
8.7.2	<i>Fuentes secundarias</i>	27
8.8	Variables evaluadas.....	27
8.8.1	<i>Parámetros físicos-químicos</i>	27
8.8.2	<i>Parámetros de crecimiento en peso</i>	28
8.8.3	<i>Tasa de Crecimiento y alimentación</i>	29
8.9	Procesamiento de la información	29
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30

9.1	Análisis de los parámetros físico - químicos	30
9.2	Descripción de los parámetros de crecimiento en peso.	39
X.	CONCLUSIONES	51
XI.	RECOMENDACIONES	54
XII.	BIBLIOGRAFÍA	55
XIII.	ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
Tabla 2. Parámetros físico-químicos más importantes y sus rangos óptimos.....	16
Tabla 3. Sistemas de cultivos de tilapia y densidad recomendada	17
Tabla 4. Población inicial, densidad y peso promedio.....	24
Tabla 5. Densidad inicial y peso promedio para la segunda etapa	25
Tabla 6. Tabla de parámetros de crecimiento al inicio del cultivo	40
Tabla 7. Tabla de parámetros de crecimiento para finales del mes de octubre, 2015	40
Tabla 8. Tabla de parámetros de crecimientos (noviembre, 2015)	41
Tabla 9. Tabla de parámetros de crecimientos (diciembre, 2015)	42
Tabla 10. Factor de conversión alimenticia y Rendimiento Piscícola para la primera fase	43
Tabla 11. Numero de peces, densidad y peso promedio a inicio de la segunda fase de cultivo	45
Tabla 12. Tabla de parámetros de crecimientos a inicios de junio.....	45
Tabla 13. Tabla de parámetros de crecimiento a finales de junio	46
Tabla 14. Tabla de parámetros de crecimiento (julio, 2016)	47
Tabla 15. Tabla de parámetros de crecimiento (agosto, 2016)	48
Tabla 16. Factor de Conversión Alimenticia y Rendimiento Piscícola obtenida en la segunda fase cultivo.....	48

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno (octubre, 2015)	30
Grafica 2. Comportamiento de la temperatura (octubre, 2015)	31
Grafica 3. Comportamiento del oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (noviembre, 2015)	32
Grafica 4. Comportamiento de la temperatura (noviembre, 2015).....	32
Grafica 5. Comportamiento del oxígeno disuelto y saturación de Oxígeno (diciembre, 2015)	33
Grafica 6. Comportamiento de la temperatura (diciembre, 2015)	34
Grafica 7. Comportamiento del Oxígeno disuelto y la saturación oxígeno (junio, 2016)	35
Grafica 8. Comportamiento de la temperatura (junio, 2016).....	36
Grafica 9. Comportamiento del Oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno (julio, 2015)	36
Grafica 10. Comportamiento de la temperatura (junio, 2016)	37
Grafica 11. Comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno (agosto, 2016)	38
Grafica 12. Comportamiento de la temperatura (agosto, 2016).....	38

Dedicatoria

A:

Dios por la sabiduría, la inteligencia y la humildad que me ayudo a culminar esta etapa de mi vida.

Mis padres; Jorge Eugenio Corrales Iglesias y Camila Lelis Ocampo Gonzales, por el apoyo incondicional, tanto económico como emocional, además de la confianza y los consejos brindado.

Mis hermanos; Fátima Carolina Corrales Ocampo, Jorge Eugenio Corrales Ocampo, Dora Luz Corrales Ocampo, Gregorio Antonio Corrales Ocampo, Jenny Flor Corrales Ocampo, Chesly Orlando Nelson Chang y de más familiares por el apoyo incondicional.

Agradecimiento

A:

Dios por la firmeza, perseverancia y fuerza de mantenerme con la claridad de alcanzar mis objetivos y metas.

Mis padres; Jorge Eugenio Corrales Iglesias y Camila Lelis Ocampo, por ser los pilares de mi vida, mi modelo a seguir, mi inspiración, por los valores inculcados y por el don de la vida.

Mis hermanos y familiares por el apoyo incondicional que de una u otra influyo en mis logros y objetivos profesionales.

Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) por el voto de confianza, además de permitirme ser un miembro más del recurso humano que prepara e instruye en pro del desarrollo de la región.

Mis docentes por haberme instruido y formado un poco más hay de su labor profesional, convirtiéndose en modelos de superación y confianza.

Mi tutor; MSc. Johnny Enrique Maradiaga Useda, por las enseñanzas, consejo y ayuda para la culminación de mis estudios.

En fin, a todas las personas que de una u otra manera influyeron en mí, a seguir con mis deseos de superación.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó un Análisis del crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares de geomembrana, Cultivada En La Granja De Cultivo Semi-Intensivo NAFCOSA – Krukira. El ensayo comprendió dos fases; la fase 1 comprendió 3 meses de cultivo, durante el periodo de octubre a diciembre (2015), la fase 2, comprendió el periodo de junio a agosto (2016). Para ambas fases se utilizaron 3 tanques con volumen de agua de 120m³. Los parámetros físicos - químicos evaluados fueron: Oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y temperatura. Se registraron variaciones del oxígeno disuelto en los tres tanques, los valores registrado oscilaron entre 1.9 y 6 mg/l, el comportamiento de la saturación de oxígeno fue similar al oxígeno disuelto. La temperatura tuvo menos variación y se mantuvo dentro de los rangos óptimos de cultivo. El suministro de agua fue por gravedad, en fase 2 se usó un blower de 4hp para los 3 tanques. Se suministró alimento balanceado extruzado de la marca Purina Cargil con un porcentaje de 45, 38 y 32 de proteína cruda. En la segunda fase el oxígeno disuelto presente en los tres tanques fue bajo, los valores anduvieron entre 0.8 y 4 mg/l.

El peso promedio de siembra en la fase 1 fue de 1 gr para los tres tanques, con una densidad de 23 peces/m³ para el tanque A1, 32 peces/m³ para el tanque A2 y 22 peces/m³ para el tanque A3. Se obtuvo una tasa de crecimiento de 1.96 gr. Él FCA fue de 1.01 para los 3 tanques. El rendimiento piscícola anduvo entre 3.82 y 5.57 kg/m³ entre tanques. Para la fase 2 el peso inicial de siembra para el tanque A17 fue de 436 gr, para el A18 fue de 389.73 gr y para el A20 fue de 377.31 gr, con densidades para el A17 fue 50 peces/m³, 50 peces/m³ para el A18 y 51 peces/m³ para el A20. La tasa de crecimiento anduvo entre 2.49 y 3.50 entre tanques, el FCA anduvo entre 2.10 y 2.96. El rendimiento piscícola anduvo entre 32.23 y 33.74 kg/m³ entre tanques.

Palabras Clave: Densidad, tasa de crecimiento, factor de conversión alimenticia y rendimiento piscícola.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación que lleva como título Análisis Del Crecimiento en peso De La Tilapia (*Oreochromis niloticus*) En Tanques Circulares De Geomembrana, en un sistema Semi-Intensivo.

La investigación se realizó en la granja de la empresa NAFCOSA en la comunidad de Krukira, municipio de Puerto Cabezas. Esta investigación se realizó en dos fases. La primera fase contaba de 3 meses (octubre, noviembre y diciembre, 2015) correspondientes a estudios, en el primer mes se realizó la siembra en los tres tanques (A1, A2 y A3), el peso inicial promedio de siembra fue de 1 gr para los tres tanques. Se observó mortalidad en los tres tanques. La segunda fase comprendió tres meses antes de la cosecha (junio, julio y agosto, 2016), con un peso promedio inicial del tanque A17 fue de 436 gr, para el tanque A18 fue de 389.73 gr y para el tanque A20 fue de 377.31 gr. El alimento suministrado para las dos fases fue del tipo extruzado en forma de polvo y pelletizado con tres presentaciones, 45% de proteína cruda (PC) en polvo, 38% PC pellet y 32% PC en pellet, procedente de la Fabrica PURINA CARGILL.

En este estudio se avaluó parámetros físico - químicos (Temperatura, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno), también se evaluó parámetro de crecimiento (ritmo de crecimiento, tasa de crecimiento, ganancia de peso, factor de conversión alimenticia y la producción piscícola), además de la correlación que existe entre la tasa de crecimiento y la alimentación.

Como resultado principal de esta investigación se obtuvo la densidad de siembra para la primera fase fue muy baja, sin embargo, se pudo comprobar que el mayor rendimiento piscícola se obtuvo en el tanque que tenía la mayor densidad de siembra. Para la segunda fase si se observó variación en el crecimiento; en el tanque A17 en donde había la menor densidad (50 peces/m³) se observó que a inicio de la segunda fase el peso promedio era mayor que en el tanque A 20 en donde se presentaba la mayor densidad (51 peces/m³). Para compensar dicho

crecimiento se mantuvo la RD por tiempo más prolongado en el tanque A20, siendo esta una decisión adecuada ya que al momento de la cosecha el peso promedio del tanque A17 fue de 665 gr y para el A20 fue de 700 gr, lo que confirma que los tanques de geomenbrana de 120m³ con buena técnica de manejo permiten soportar una carga de 6000 a 7000 peces.

II. ANTECEDENTES

En nuestro país, la actividad piscícola ha tenido un auge y en los últimos años se han implementado proyectos pilotos con fines comerciales adoptando diferentes técnicas de cultivo. Se ha experimentado con cultivo de tilapia en jaulas - japas flotantes, este proyecto se llamaba cultivo de tilapia en jaulas, NICANOR S.A ubicado punta San Ramón y punta Los Ángeles, isla de Ometepe, según Soza (2004) el peso inicial de siembra era de 3gr, con una densidad inicial de 100 peces/m³, disminuyendo la densidad a 75 peces/m³ después de alcanzar 50gr, obteniendo un crecimiento excelente con una media de 3.5 gr por días, obteniendo 1 kg en un ciclo de cultivo de 270 días, el FCA anduvo entre 1.2 y 1.6 El alimento suministrado fue balanceado con un porcentaje de 44, 40, 35 y 30 de proteína cruda. La especie de cultivo era la *O. niloticus* (GIFT). Según Reyna para el 2007 los alevines eran obtenidos en el Hatchery (centro de alevinajes) perteneciente a la misma empresa, ubicada en Tipitapa y se contaba con 34 japas en Ometepe.

Se cultivó tilapia (*O. niloticus* – roja) en tanque cilíndrico de concreto, este proyecto se llevó a en la comarca Los ranchos, León. Aguilar & Solís (2010) confirman que se realizaron dos ensayos; el ensayo 1 se realizó en el año 2005, el ensayo 2 fue para el año 2008, ambos cultivos fueron mediante sistema de recirculación constante de agua, abastecida de un pozo, el tanque tenía un volumen de agua de 37m³, el peso inicial de siembra fue de 20gr para ambos ensayos, la densidad para el ensayo 1 fue 42 peces/m³, para el ensayo 2 fue de 46 peces/m³, para el ensayo 1 en 108 días de cultivo se obtuvo un peso final de 447gr con un crecimiento diario de 3.9 gr, el FCA fue de 1.7 con la biomasa fina del 17 kg/m³, para el ensayo 2 en 125 días de cultivo se obtuvo un peso final de 405gr con un crecimiento diario de 3.1gr, el FCA fue de 1.6 con la biomasa fina del 18 kg/m³, para ambos ensayos se suministró alimento balanceado.

Según Gonzales (2015), se montaron proyectos pilotos de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad GIFT en 4 fincas agro-acuícolas, alimentados con alimento balanceado de la marca Halcón Purinas; la 1era finca “El caracol” Pueblo

nuevo – Estelí, se cultivó en dos estanques rectangulares de tierra, el peso inicial fue de 7gr con densidad de 5 peces/m³, el estanque 1 tenía un volumen de agua de 300m³, la siembra fue de 1500 peces, la ganancia de peso diario fue de 2.89gr, el peso final de cosecha fue de 382.73gr, el FCA fue de 1.3, la sobrevivencia fue de 97.9%, ahora bien, el estanque 2 tenía un volumen de agua de 242m³, se sembraron 1210 peces, la ganancia de peso diario fue de 3.14gr, el peso final de cosecha fue de 411.72gr, el FCA fue de 1.1, la sobrevivencia fue de 97.8%, el ciclo de cultivo para ambos estanques fue de 127 días, el suministro de agua fue de un caudal por medio de gravedad.

En la 2da finca “Las flores” Pueblo Nuevo – Estelí, se cultivó en 3 estanques, el peso de siembra fue de 7gr para los 3 estanques, el estanque 1, rectangular de concreto tenía un volumen de agua de 338m³, la densidad de siembra fue de 8.9 peces/m³, el peso de cosecha fue de 267.39gr, el crecimiento diario fue de 2.04gr, la sobrevivencia 99.5%, el FCA 1.6, el ciclo de cultivo fue de 127 días. El estanque 2 rectangular de concreto, el volumen de agua era de 81m³, la densidad de siembra fue de 11 peces/m³, el peso de cosecha fue de 226.99gr, la ganancia de peso diario era de 1.72gr, la sobrevivencia 98.9%, el FCA 1.8, el ciclo de cultivo fue de 127 días, el estanque 3 era circular de tierra, el volumen de agua era de 402.12m³, la densidad de siembra fue de 7.6 peces/m³, el peso de cosecha fue de 129.75gr, el crecimiento diario fue de 0.96gr, la sobrevivencia 99.4%, el FCA 2.0, el ciclo de cultivo fue de 126 días (Gonzales, 2015).

En la 3ra finca “Estancia del coronel” San Juan de Limay - Estelí, se cultivó en 2 estanques. El ciclo de cultivo fue de 126 días con una densidad de siembra de 5peces/m³ para ambos estanques; estanques 1, rectangular de tierra de 108m³, presentó un crecimiento diario de 3.17gr, el peso de cosecha fue de 416.60gr, la sobrevivencia fue de 93.2%, con FCA de 0.94, el estanque 2 rectangular de concreto de 42m³, presentó un crecimiento diario de 1.72gr, el peso de cosecha fue de 236.77gr, la sobrevivencia fue de 97.6%, con FCA de 1.4 (Gonzales, 2015).

En la 4ta finca “Tierras Blancas” San Juan de Limay – Estelí se cultivó en un tanque

circular de concreto de 22.45m³, el peso inicial de siembra fue de 5gr a una densidad de 25 peces/m³, obteniendo un peso final de 97.5 gr, con un crecimiento diario de 0.72, la sobrevivencia fue de 96.6%, el FCA fue de 2.3, el ciclo de cultivo fue de 126 días. Gonzales (2015) añade que desde el momento de siembra de los alevines INPESCA brindo la asesoría técnica en las 4 fincas.

En la actualidad, Nicaragua cuenta con dos centros de producción de semilla de tilapia *O. niloticus* variedad GIFT, uno de ellos se encuentra en la Universidad Nacional Agraria (Granja Demostrativa de Cultivo de Peces), la otra se encuentra en la Universidad Centro Americana UCA (Granja de Cultivo, La Polvosa).

III. JUSTIFICACIÓN

Para disminuir los impactos en la pesca de escama en el mar se han implementado nuevas alternativas de producción. La piscicultura o cultivo de peces es una actividad que hace hincapié a un sistema de producción de carne fresca, rentable y sostenible.

La tilapia constituye una especie viable en términos de domesticación, rendimiento y factores superiores a los cuestionamientos ambientales sobre el manejo de esta. En términos económicos, sociales y ambientales, el cultivo en tanques circulares de geomembrana permite manejar grandes densidades de siembra, con poco uso de agua, poco espacio de tierra, y obtención de grandes cosechas en corto tiempo.

Cabe mencionar que la información generada servirá como directriz ya que es base y pionera en tecnología. Con esta investigación se beneficiará la región; en la toma de decisiones al formular futuros proyectos en la línea de esta investigación. En el caso de la universidad BICU a que se formulen nuevos ensayos para aumentar el conocimiento de los estudiantes, además ayudará a cualquier persona natural o jurídica interesado en montar un sistema de producción llámese con una tecnología y sistema de cultivo similar o distinta.

Todo lo antes mencionado evidencia la importancia y la necesidad de contar con información sobre este tipo de sistema de producción, lo cual justifica el desarrollo y presentación de este trabajo.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tilapia es un pez de crecimiento rápido, sin embargo, este crecimiento es variable dependiendo de las condiciones de cultivo, específicamente de la densidad de siembra, del manejo de la alimentación, la calidad de agua, la genética de la semilla y del tipo de encerramiento en que es cultivada.

En Nicaragua existe experiencia de cultivo de tilapia desde hace muchos años, sin embargo, todavía es una incertidumbre todo lo relacionado a los aspectos de manejo técnico de los cultivos, principalmente los aspectos vinculados al crecimiento. No existe consistencia en la información que se ha reflejado por los proyectos. En este sentido los datos sobre el crecimiento que se conocen carecen de análisis, los mismos son valores absolutos, superficiales o incompletos, lo cual dificulta la toma de decisiones acertadas o la capacidad de replicar experiencias con certeza.

El cultivo de tilapia en tanques circulares es una experiencia novedosa y carece de mucha información sobre el manejo del cultivo con esta tecnología y particularmente de crecimiento de la tilapia en estas condiciones. Los sistemas de cultivo en tanques circulares son sistemas que se consideran como sistemas de producción semi-intensivos o intensivos, y lograr un buen desempeño técnico que conlleve a un crecimiento óptimo de la tilapia, constituye un reto para nosotros.

De ahí que el principal problema a resolver ¿cómo será el crecimiento en peso de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivada en tanques circulares con condiciones de manejo recomendadas?

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Analizar el crecimiento en peso de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivado bajo sistema semi-intensivo en tanques circulares de geomembrana en la comunidad de Krukira.

5.2 Objetivos Específicos

- 1) Describir el comportamiento de los parámetros físico-químico (oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y temperatura) durante el cultivo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) bajo sistema semi-intensivo en tanques circulares de geomembrana.
- 2) Determinar los parámetros de crecimiento (Ritmo de Crecimiento, Tasa de Crecimiento, ganancia de peso, factor de conversión alimenticia y producción piscícola) en ambas fases de cultivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivado bajo sistema semi-intensivo en tanques circulares de geomembrana.
- 3) Describir la correlación existente entre la tasa de crecimiento y alimentación de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivado bajo sistema semi-intensivo en tanques circulares de geomembrana.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Conceptualizaciones

6.1.1 *Acuicultura*

La acuicultura abarca todas las actividades dirigidas a la producción y comercialización de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La FAO (2004) señala que la actividad del cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción en operaciones como la siembra, la alimentación y protección de depredadores entre otros.

6.1.2 *Piscicultura*

Actividad orientada al cultivo de peces continentales y marinos (pargos, corvinas, robalos, meros, cobia, atunes, truchas, bagres, tilapias, guapotes, entre, otros), Considerándose una alternativa que los productores han incorporado a sus sistemas productivos, con el objeto de diversificar su producción (Bautista Y Velazco, 2011).

6.1.3 *El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)*

Alimento entregado / ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración (Saavedra, 2006).

6.1.4 *Crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)*

El crecimiento de las tilapias es influenciado por la calidad del alimento y cantidad consumida, debida a que las tilapias no presentan un estómago anatómico obvio, es importante ofrecer la cantidad diaria del alimento en varias porciones, por ejemplo, el uso de un alimento extruido permite observar el consumo por los peces

y alimentar a saciedad, por lo tanto, el proceso de extrusión hace los ingredientes más fáciles de digerir para los peces (García; 2010).

El crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar (García, 2010).

6.1.5 Crecimiento acumulado

Se entiende por crecimiento al cambio de tamaño (longitud- peso) con relación al tiempo. Un individuo se dice que crece cuando tiende a un límite, propio de las especies. Longitud y peso son atributos clave de las poblaciones de peces. La tilapia posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/libra durante 150 días a densidad de 3-5 peces/m², con un peso inicial de 10gr. Se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimentos y a diferentes formas de alimentación. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses. El crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 250 gr. Por otra parte, cuando la temperatura está fuera de sus valores mínimos y máximos, junto con el pH actúan como inhibidor del crecimiento (Rosas, 1984).

6.1.6 Ritmo de crecimiento

Este se hace en un periodo de tiempo determinado (semanal, quincenal o mensual), refleja el incremento de peso en la unidad de tiempo. Su cálculo se basa en la diferencia del final menos el peso inicial en el periodo de referencia; su conocimiento es muy importante porque este nos muestra la cantidad de gramos que aumentaron los organismos en cada semana de cultivo. (Pérez & Sáenz, 2015)

6.2 Generalidades de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez nativo de África, posiblemente el más importante dentro del grupo de peces de aguas cálidas y una de las especies predominantes en el comercio a nivel mundial. Gómez *et al.* (2003) afirman que la ventaja principal es su bajo costo de producción, calidad de carne, fortaleza, fácil reproducción y una rápida tasa de crecimiento. Estas características hacen atractivo el cultivo de tilapia *O. niloticus* para países como Colombia, que es uno de los principales productores de esta especie (FAO, 2006-2011).

Es una especie tropical, que habita normalmente en aguas poco profundas; la temperatura mortal es inferior a 11-12 °C y superior a 42 °C. La temperatura ideal está entre 24-32 °C (FAO, 2006-2011). Su hábito alimenticio es omnívoro (Soto, 2010).

6.3 Taxonomía

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclase:	Teleosteios
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género:	Oreochromis
Especie:	O. niloticus

Fuente: Huet, 1985.

6.4 Ciclo de Vida de la Tilapia

En estanques, cuando las condiciones son las adecuadas, la tilapia alcanza su madurez sexual a partir de los tres meses de edad, observándose cinco etapas básicas: desarrollo embrionario, alevín, cría, juvenil y adulto. El desarrollo embrionario comienza cuando se lleva a cabo la fecundación. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Morales et al, 1988).

La etapa de alevín dura alrededor de 3 a 5 días; el alevín (pez pequeño), se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm, y posee un saco vitelino en el vientre. Posteriormente, se le considera cría donde alcanza una talla entre 3 a 7 cm. Cuando la tilapia tiene una talla que varía entre 7 y 10 cm se considera que está en una etapa juvenil, y cuando presenta tallas de 10 a 18 cm y pesos entre 70 y 100 gr es considerada adulto. (Mayorga *et al*, 2011)

6.5 Reproducción

Según Eckstein y Spira (1965) las tilapias poseen un tipo de reproducción bisexual. Las glándulas sexuales, llamadas Gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en el macho, a diferencia de otros seres vivos ya nacen con el sexo definido en los peces como es el caso de la Tilapia dichas glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo entre el día 15 al 20 después de que nacen.

6.6 Transporte y empaque de alevines.

Según Hsien – Tsang y Quintanilla (2008) el transporte de alevines de preferencia, se debe realizarse en horas frescas o tempranas, para evitar cambios bruscos de temperatura. Se debe trasladar en vehículo liviano, para evitar altas mortalidades. Antes del empaque y preparando el traslado, hay que equilibrar la temperatura del

agua, con un poco de hielo, a promedios que rondan los 22 y 24°C. El conteo de los alevines se realiza por muestras, en un litro de agua, pesando un kilogramo de alevines para obtener la cantidad promedio de entrega.

Cuando los alevines son trasladados en bolsas plásticas, se debe suministrar el 25% de agua y 50% de oxígeno y el otro 25% para amarre con banda de hule. Se colocan 12 litros de agua en la bolsa plástica, (60 cm x 90 cm x 0.8 mm) estas pueden soportar hasta 800 gramos de biomasa de alevines. Cuando los alevines son trasladados en bidones plásticos, de preferencia tiene que ser un tanque de 700 litros, al que se le suministra 600 litros de agua con aireación, para trasladar hasta 85 mil alevines por viaje. No obstante, todo depende de la talla del alevín y del tiempo de traslado (Hsien – Tsang y Quintanilla, 2008).

6.7 Siembra de alevines

Según Martínez (2003), la siembra de los alevines se hace siguiendo un procedimiento de aclimatación. El cual consiste en mantener las bolsas cerradas y flotando por espacio de 15 minutos con el fin de equilibrar temperaturas y así evitar estrés por choque térmico en los alevines. Luego se abren las bolsas y se introduce agua del estanque lentamente en las bolsas hasta que los alevines vayan saliendo por sus propios medios distribuyéndose por toda el área de los encierros.

6.8 Alimentación

Mendizábal (1998), menciona que el éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo del alimento y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Durante la fase juvenil pueden alimentarse tanto de fitoplancton, zooplancton así como pequeños crustáceos.

6.8.1 Aspectos importantes sobre el alimento

- El alimento representa entre el 50% y el 60% de los costos de producción
- Un alimento mal manejado se convierte en el fertilizante más caro
- Un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad del negocio
- Una producción semi-intensiva e intensiva depende directamente del alimento
- El manejo de las cantidades y los tipos de alimento a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos (Mendizábal, 1998).

6.8.2 Tiempos de alimentación

Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos. En cultivos extensivos a semi-intensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo tiempo de consumo y flotabilidad supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistemas intensivos a súper-intensivos el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos. La transición de la dieta de los juveniles a la del adulto puede darse gradual o abrupta (Mendisabal, 1998).

Se recomienda alimentar por lo menos 3 veces al día, de preferencia en los siguientes horarios: a) 8:00 a.m. (30% de la ración) b) 12:00 a.m. (35% de la ración) c) 4:00 p.m. (35% de la ración) o 4 veces diarias en tipo tiempo: a) 8:00 a.m. (15% de la ración) b) 11:00 a.m. (30% de la ración) c) 2:00 p.m. (30% de la ración) d) 5:00 p.m. (25% de la ración (Hsien – Tsang y Quintanilla, 2008).

6.8.3 Determinación de la ración alimenticia

La alimentación de las larvas de tilapia, en sus primeros días de vida, está garantizada por los nutrientes contenidos en el saco vitelino. Una vez la larva absorbe del 60-75% del saco vitelino, esta presenta mayor actividad, por lo tanto, se debe comenzar a suministrar el alimento. En el primer mes, se administra alimento para tilapia que contiene un nivel de proteína del 45%. Luego, durante 15 días, se aplica el 40% de proteínas. Otros 30 días se aplica el 35% de proteínas; mientras otros 45 días se suministra el 32% de proteínas y el 28% en el engorde final. La cantidad de alimento a proporcionar, se calcula realizando muestreos de siembra cada 14 días, Para ello se pesa un 1% de la siembra total. Con el peso total se verifica el crecimiento logrado por día y el factor de conversión alimenticia y así determinar el costo de producción (Hsien-Tsang & Quintanilla, 2008).

Ahora bien, las conversiones alimentarias situadas entre 1,0 y 1,3 son comunes en el cultivo de tilapias en estanques excavados con el uso de raciones extrusadas de buena calidad. El cultivo de tilapias en jaulas flotantes, donde la contribución del alimento natural está prácticamente reducida a cero, las conversiones alimentarias fluctúan entre 1,5 y 1,8, pero muchas veces pueden estar por encima de 2:1, cuando la ración y/o el manejo alimentario no son adecuados (Calderón et al, 2016).

6.9 Calidad de agua

La calidad del agua incluye todos los variables físicos, químicos y biológicos que influyen en la producción de especies acuáticas. Las prácticas de manejo de cultivos de peces tienen como objetivo mantener las condiciones químicas y biológicas (concentraciones de nutrimentos en el agua, una floración de algas, la densidad de siembra, etc.) adecuadas en el medio. El buen crecimiento de los organismos acuáticos depende en gran parte en la calidad del agua del cultivo (Meyer, 2004).

Poot *et al*, (2009) manifiesta que, para cultivar tilapia, las propiedades físico-químicas del agua deben mantenerse dentro de los parámetros óptimos para garantizar el desarrollo de los peces.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos más importantes y sus rangos óptimos.

Parámetros	Rangos óptimos	Problemas que causa los cambio en los parámetros
Temperatura	28 a 32°C	A mayor sea la temperatura, mayor es la tasa metabólica por ende subirá el consumo de oxígeno.
Oxígeno Disuelto	4 a 5 mg/l	A 3mg/l sobreviven los peces, pero crecen lento a 2mg/l es letal en exposición prolongada
Ph	6.5 a 9	Cuando el pH disminuye se reduce el crecimiento
Turbidez	30 a 45 cm	A mayor turbidez, mayor descomposición de materia orgánica y esto produce una reducción en el OD.

Fuente: Poot *et al*, 2009

Otro aspecto muy importante que influye en la calidad de agua es la época lluviosa, la cual reduce la intensidad de luz solar debido a las altas nubosidades. Bajo estas

condiciones, la producción de oxígeno durante el día será reducida, y las fluctuaciones normales en los niveles de oxígeno en el agua cambiarán. Observando bien su comportamiento, la tilapia cuando hay déficit en el oxígeno disuelto, los peces aparecen en la superficie del agua con la parte superior de su cabeza y bocas expuestas al aire (boqueando). Típicamente este comportamiento se observa en hora de la mañana (Meyer, 2004).

6.10 Aireación Artificial

Ahora bien, para compensar la disminución oxígeno en el estanque, se utilizan equipos mecánicos encargados de incorporar el oxígeno atmosférico al agua de los tanques de cultivo. La aireación es diferente de la oxigenación. La oxigenación es disolver el oxígeno puro dentro del agua. Un aireador incorpora el oxígeno atmosférico por dos tipos de estrategias: La 1era es llevando de la interface liquido – gas, esto consiste en impulsar el agua hacia el aire atmosférico, transformando el agua en pequeñas gotas las cuales se saturan de oxígeno, transfiriéndolo al cuerpo de agua al momento de entrar en contacto (los modelos con esta estrategia son los de paleta y los tipos splash o fuente). La 2da estrategia es incorporar gas - liquido (aire al agua), consiste en inyectar aire atmosférico a alta presión, rompiendo la fase liquida e ingresando pequeñas burbujas, las cuales transfieren el oxígeno atmosférico al estanque (los modelos que utilizan esta estrategia son de tipo inyector propulsor y turbinas centrifugas o blower (Malpartida, 2015).

Tabla 3. Sistemas de cultivos de tilapia y densidad recomendada

Nombre	Parámetros	Autor
Artesanal	Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos agregados para	Saavedra (2006)

Nombre	Parámetros	Autor
	estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia. El estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo sobre el abastecimiento del agua; la tasa de siembra varía de 10,000 a 20,000 peces/Ha. El tamaño de los estanques oscila entre 10 a 20 Ha. De este sistema se puede esperar una producción que oscila entre 300-700 kg/cosecha.	
Extensivo	Se desarrolla por lo general con muy baja inversión, proporcionando a la población un alimento de bajo costo, tampoco es importante la talla final del pez. Se utilizan densidades de 0,5 a 3,0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio. Se utilizan fertilizantes orgánicos para activar la productividad primaria. Se suministra alimento complementario, como afrecho (arroz), acemite de trigo, etc. La producción de este sistema suele ser de 4,000 10,000 kg /Ha / año, con factores de conversión de 1 - 1,4.	Pérez & Sáenz (2015)
Semi-Intensivo	Este sistemas está referidos tanto para estanques como para jaulas y tanques circulares; se caracterizan por el empleo de alimento concentrado, fundamentalmente agua por bombeo, en algunos casos por gravedad; densidades de siembra de 5 peces por metro cuadrado (para estanques) y 30-50 peces por metro cúbico (para jaulas y tanques circulares), semilla de laboratorio, fertilización orgánica en caso de cultivo de estanques, control de parámetros de calidad de agua y de crecimiento; dos	FAO (2005-2018)

Nombre	Parámetros	Autor
	<p>ciclos de producción por año, rendimientos de 6-8 libras/m²/ciclo; en estanques y de 250-500 libras/m³/ciclo en jaulas y tanques circulares; inversiones de 4-6 dólar/m² en estanques y de 250-400 dólar/m³ en jaulas y tanques circulares. Producción para comercio local y para exportación</p>	
Intensivo	<p>Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación de emergencia o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes. En estanques Las densidades oscilan entre 100,000 a 300,000 peces/Ha, se utiliza un alimento complementario de buena calidad, de 25 a 30% de proteína. En jaulas Las jaulas pueden ser de bajo volumen, o sea menos de 5 metros cúbicos o de volumen alto, mayor de 5 metros cúbicos; se pueden sembrar hasta 600 tilapias/m³ en las jaulas de volumen bajo y de 50-100 tilapias/m³ en las jaulas de volumen alto. Las producciones esperadas oscilan entre 50-300 Kg/m³; las de volumen bajo son más productivas debido a que hay mayor recambio de agua dentro de las jaulas, lo cual mantiene la calidad de la misma.</p>	Saavedra (2006)

6.11 Fases que incluye toda actividad acuícola

Maradiaga (opinión) declara que la acuicultura como toda actividad productiva se desarrolla en una secuencia lógica de operaciones, las cuales se mencionan en el siguiente flujograma de proceso:

6.11.1 *Flujograma de Proceso*

- Selección del sitio
- Limpieza y adecuación del área
- Diseño e instalación de los sistemas de suministro de agua y drenaje.
- Construcción e instalación de los encierros (estanques, tanques o jaulas)
- Preparación de los encierros para el cultivo (llenado y fertilización en caso necesario)
- Transporte y aclimatación de los alevines.
- Siembra de los alevines.
- Manejo de los cultivos: a) monitoreo de la calidad de agua y recambios (O₂, pH, transparencia y coloración, sólidos en suspensión,
- temperatura). b) control del crecimiento y manejo de la alimentación (muestreo del peso y talla, estimación de la biomasa y ajustes de la ración alimenticia. c) control del estado sanitario del pez (ritmo natatorio, branquias, piel y escamas, d) raleo de las cosechas.

VII. HIPÓTESIS

7.1 Hipótesis nula

Existe correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado.

7.2 Hipótesis Alternativa

No existe correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Granja de Cultivo de Tilapia de la Empresa NAFCOSA, ubicada en la comunidad de Krukira, la cual, se ubica a 35 kilómetros de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas, en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua.

8.2 Tipo de estudio

El tipo de investigación que se desarrollará será correlacional y descriptiva, estas investigaciones son complementarias.

“La investigación de correlacional, es un tipo de estudio que tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un texto en particular). Los estudios cuantitativos correlacionales miden el grado de relación entre esas dos o más variables (cuantifican relaciones). Es decir, miden cada variable presuntamente relacionada y después también miden y analizan correlación. Tales correlaciones se expresan en hipótesis sometidas a prueba” (Hernández et al, 2003).

La investigación descriptiva “Se busca describir las características del objeto de investigación (finalidad cognoscitiva), el análisis estadístico es univariado, nos permite estimar parámetros en la población de estudio a partir de una muestra” Metodología de la investigación. Modulo I: Tipos de estudios – Niveles de investigación (2011).

8.3 Transporte y aclimatación

El aprovisionamiento de la semilla utilizada para la siembra fue en la Granja de Reproducción y Alevinaje La Polvosa propiedad de la UCA, ubicada en el Km 23

carretera nueva a León, municipio de Mateares, Departamento de Managua. La semilla fue empacada en bolsas plásticas con agua y oxígeno y transportada en camión primeramente vía terrestre de la Granja de Alevinaje al Aeropuerto de Managua, desde esta última vía aérea hasta la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas

Finalmente, vía terrestre en camioneta desde el aeropuerto de Bilwi hasta la ubicación de la Granja de Engorda localizada en la comunidad de Krukira a 35 km de Puerto Cabezas. El tiempo de transcurrido desde el empaque hasta la llegada a la Granja fue de 9 horas. Es importante señalar que los alevines al momento del empaque fueron mantenidos en condiciones de oxígeno bajo debido a problemas de energía en la Granja de Alevinaje, al momento de ser empacados en las bolsas plásticas fueron saturados de oxígeno.

Al llegar a la granja las bolsas fueron depositadas en la película de agua de los tanques durante un periodo de 15 minutos; Cada 5 minutos se administraba agua del tanque a las bolsas para igualar las temperaturas.

En total se transportaron 49,500 alevines en 33 cajas y 165 bolsas, a razón de 1500 alevines por caja y 300 alevines por bolsa respectivamente, el peso promedio de los alevines osciló en 1 gr. La descripción de los insumos y del proceso seguido para el empaque fue el siguiente:

A. Dimensiones de caja de poroplast

- ✓ Externas: alto 29 cm x ancho 41.7 cm x largo 64.3cm.
- ✓ Internas: alto 26.5 cm x ancho 37 cm x largo 60 cm.

B. Bolsas plásticas dimensiones y numero.

- ✓ 60.5 x 33.5 de dimensión
- ✓ Numero de bolsas dobles: 5 dobles por caja.
- ✓ Numero de alevines por bolsa doble: 300 de 1 gr para un total de 1,500 alevines por caja.

C. Peso total caja: 19.5 kg con agua más alevines, bolsas y caja.

D. Permisos de exportación: Zoosanitarios y lo mismo decirle al importador para que tenga copia de ellos para su presentación e importación antes de enviarlos.

E. Tamaño caja de cartón:

44 cm ancho x 29 cm alto x 68 cm largo.

8.4 Universo, población y muestra

El universo experimental para el presente estudio es de 6 tanques circulares de geomenbrana, enterrados y alimentados con agua por gravedad, temporalmente aireados externamente cuando la capacidad de carga lo requiere. Todos los tanques tienen las mismas dimensiones. Las dimensiones del tanque son: Volumen, 140 m³; Diámetro: 12 metros; Radio: 6 metros; Altura: 1.20 metros. El espejo de agua es de 120m³.

El estudio comprendió dos fases; la primera fase comprendió el seguimiento de los tres primeros meses de cultivo de la *O. niloticus*.

Tabla 4. Población inicial, densidad y peso promedio.

Tanques	No. Peces	Densidad (pez/m ³)	Peso promedio (gr)
A1	4500	38	1
A2	4500	38	1
A3	4500	38	1

Se realizaron monitoreos sistemáticos semanales para controlar el crecimiento en peso de los peces en cultivo, su supervivencia y biomasa, utilizado una muestra significativa del 2% aproximadamente para la primera fase.

Dichos muestreos se realizaban a primeras horas de la mañana, las capturas se realizaban con el arte de pesca “atarraya”. Los pescados eran colocados en termos bins a los cuales se le suministraba oxígeno puro mediante difusores.

Tabla 5. Densidad inicial y peso promedio para la segunda etapa.

Tanques	No. Peces	Densidad (pez/m ³)	Peso promedio (gr)
A17	6000	50	436,00
A18	6050	50	389,73
A20	6100	51	378,31

Para la segunda fase del ensayo se utilizaron 3 tanques. En el tanque A17 la población inicial fue de 6000 peces a una densidad de siembra de 50 pez/m³, en A18 la población fue de 6050 peces a una densidad de 50 pez/m³ y en el A20 la población de 6100 a una densidad de 51 pez/m³.

Para esta fase se continuaron los monitoreos que se realizaban en la primera fase. Sin embargo, por motivos de precaución y evitar que los peces se estresaran y se causaran lecciones que les pudiera causar la muerte se utilizó una muestra del 1% de la población por tanque.

8.5 Alimentación

El alimento suministrado fue del tipo extruzado en forma de polvo y pelletizado, procedente de la Fabrica PURINA CARGILL, adquirido desde la Planta Industrial ubicado en Masaya, desde ahí era transportada hasta la Granja de Engorda vía terrestre en Contenedor. Ya puesto en la Granja era almacenado en una bodega de concreto con suficiente ventilación, cuidadosamente estibado en filas no muy anchas ni altas, para su protección del calor, la humedad, o roturas por roedores, los sacos de alimento fueron cubiertos con plástico o lonas.

Para el suministro del alimento se tomó en consideración una tabla de referencia suministrada por el fabricante y proveedor del alimento (anexo 1). Se suministró alimento concentrado en tres presentaciones, 45% de proteína cruda (PC) en polvo, 38% PC pellet y 32% PC en pellet.

Para la primera fase de cultivo, la estrategia de alimentación se basó en alimentar a los peces primeramente con 45% PC en polvo, 4 veces al día (dos veces por la mañana y dos veces por la tarde) hasta alcanzar 6 gr. Posteriormente se suministró alimento de 38% de PC en forma de pellet, 4 veces al día (dos por la mañana y dos por la tarde), hasta alcanzar un promedio de 150gr.

Después de haber alcanzado un promedio de 150 gr se suministró alimento 3 veces al día (dos por la mañana y una por la tarde) con este nivel de proteína cruda de 32% de la marca Camaronina (Alimento para camarón).

Para la segunda fase de cultivo se alimentaron los peces con alimento pelletizado extruzado de 32% PC. se alimentó dos veces al día (por la mañana y por la tarde) en los primeros dos meses posteriormente se suministró 1 vez en el último mes de cultivo.

8.6 Instrumento de la investigación

- Kit multiparámetro medido de oxígeno y temperatura del tipo **YSI 500^a**
- Regla graduada
- Balanza digital (gramos, onzas y libras)
- Pesa graduada en kilogramos.
- Atarraya.
- Red de cerco.
- Panas plásticas.
- Baldes.
- Tanque de oxígeno puro.
- Termos de 100 libras.
- Red de mano.

8.7 Técnica de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizarán las siguientes fuentes:

8.7.1 Fuentes primarias

La fuente primaria y fundamental para el desarrollo del presente trabajo fueron las actividades de campo que sustentan todo el manejo técnico del cultivo. Se llevó un monitoreo diario de los parámetros físico-químicos del agua, además de una observación directa en el comportamiento de los peces. Estas actividades permitieron sistematizar toda la información relevante.

8.7.2 Fuentes secundarias

Para complementar información obtenida de las fuentes primarias se recurrió a fuentes documentales, artículos u otras investigaciones relacionadas a la acuicultura, y más en si en investigaciones que hicieron referencia en al cultivo de tilapia *O. nilotica* en tanques de geomenbrana, elaborada ya sean por organismos nacionales e internacionales.

8.8 Variables evaluadas

8.8.1 Parámetros físicos-químicos

La fuente de agua utilizada para el cultivo de peces fue superficial proveniente de la escorrentía natural que se forma durante el período lluvioso, cosechada en una represa de 3 hectáreas de superficie, construida como reservorio principal. En el extremo sur de la represa fueron construidas dos compuertas; la entrada de agua hacia los tanques, y la salida de agua desde la represa hacia el exterior.

Para el suministro de agua desde la represa hacia los tanques se construyó un canal en forma de L, con una dimensión de 300 metros de longitud, dos metros de ancho y 2.20 metros de profundidad. El flujo de agua desde el canal hacia los tanques fue por gravedad por medio de tuberías de 6 pulgadas de diámetro. Para el drenaje de agua se construyeron cajas de registro (1 caja cada 4 tanques) y un canal central que finaliza en una pila de sedimentación.

Para efectos de contar con datos de referencia se enviaron muestras al laboratorio CIDEA-UCA para analizar la concentración de oxígeno en la fuente de agua, y la presencia de bacterias o parásitos y composición cualitativa del fitoplancton.

Los parámetros evaluados fueron: Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), saturación de oxígeno y Oxígeno disuelto (O_2), los cuales se midieron con Kit multiparámetro medidor de oxígeno y temperatura del tipo **YSI 500^a**. Cabe destacar que por falta de instrumentos no se pudo tomar datos de turbidez, transparencia, amonio y de pH, así como también datos de sólidos disueltos, sólidos en suspensión, nitritos y nitratos.

Los parámetros evaluados se tomaban tres veces por día. El primer muestreo se realizaba a las 8:00 AM, el segundo muestreo se realizaba a las 11:00 AM y el ultimo a las 3:PM todos los días, exceptuando los días en que había precipitaciones. Los datos de los parámetros se obtenían cercano a la entrada de agua de cada tanque.

Los datos fueron recopilados en formatos recomendados para este fin, especificando hora y fecha del muestreo, nombre de la finca y numero de tanque.

Para mantener la calidad de agua se realizaban recambios de aguas. En la primera fase de cultivo, se realizaba recambio cada 5 días, bajando un nivel del 10% del volumen de agua. Para la segunda etapa se intensifico los recambios, se realizaban recambios diarios del 10% del volumen de agua, además se mantenía un suministro constante de agua al tanque durante todo el día.

8.8.2 Parámetros de crecimiento en peso

Para calcular los datos de crecimiento de la tilapia se realizaron muestreos semanalmente. Las fórmulas que se utilizaron para calcular los parámetros de crecimiento fueron los siguientes;

- Peso Promedio: $p1+p2+p3.../n$
- Sobrevivencia $S\ (\%) = (Nf/Ni)$
- Biomasa= No. Peces x Peso Promedio

- Cantidad de Alimento por Día= Biomasa x Tasa de Alimentación
- Ritmo de Crecimiento: RC (gr)= Peso actual – Peso Anterior
- Tasa de Crecimiento= (Peso Promedio Actual – Peso Promedio Anterior) ÷ No. Días en Cultivo
- Ganancia de Peso= Biomasa Final – Biomasa Inicial
- Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= Cantidad de Alimento Suministrado en el Período ÷ Ganancia de Peso de la Población en el Período

El rendimiento se midió en Kg/M³ y la densidad de siembra en Número de peces/M³.

8.8.3 Tasa de Crecimiento y alimentación

Para la evaluación de la tasa de crecimiento se utilizó la fórmula:

- Tasa de Crecimiento= (Peso Promedio Actual – Peso Promedio Anterior) ÷ No. Días en Cultivo

Para calcular la cantidad de alimentación se utilizó la formula;

Cantidad de alimentación: biomasa x ración diaria.

Dichos parámetros de crecimiento serán tabulados. Dichas tablas son las que utilizaremos para crear la tabla de alimentación en Microsoft Excel. Además de que se realizara el índice de correlación entre la tasa de crecimiento y la alimentación.

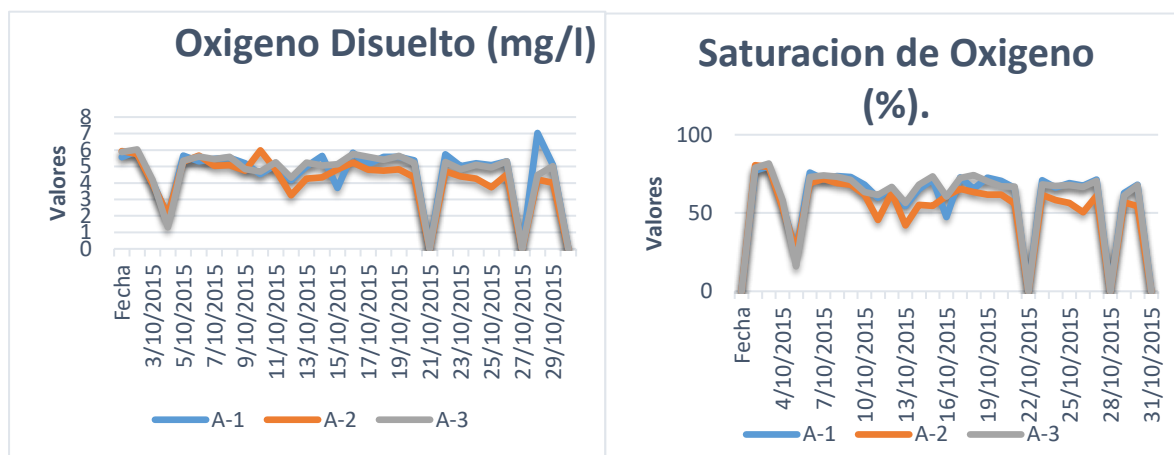
8.9 Procesamiento de la información

Para facilitar su comprensión y análisis de toda la información de los datos fueron tabulados y presentados gráficamente utilizando para ello el software EXCEL. Para comprobar la hipótesis planteada, se calculó la correlación que existe entre la tasa de crecimiento y el alimento.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Análisis de los parámetros físico - químicos

El primer día que se tomaron los parámetros físicos químicos fue el 02 de octubre del 2017. El comportamiento que presento el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno se muestran en las siguientes gráficas.



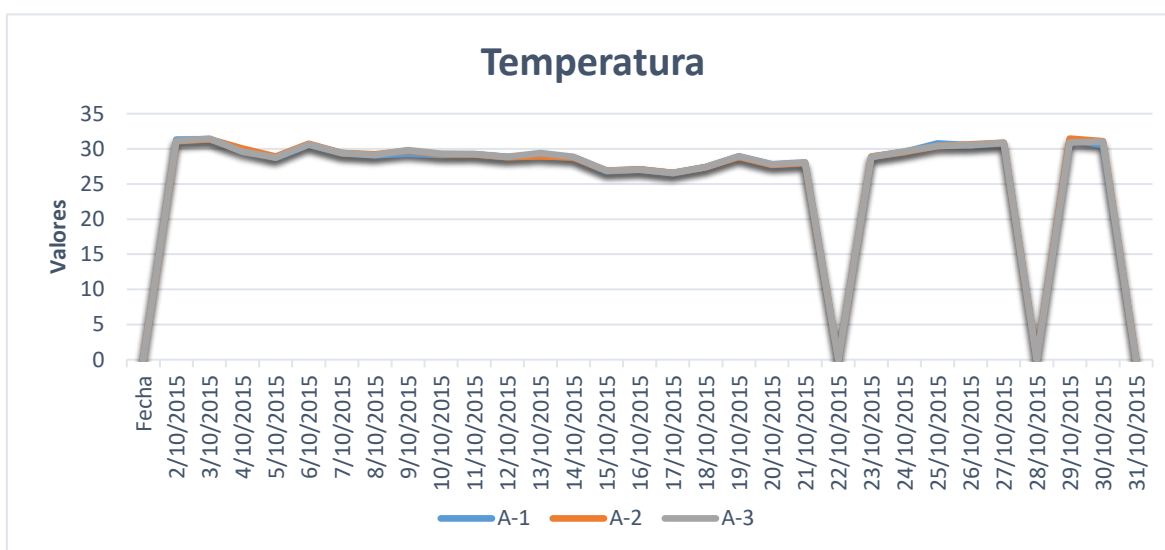
Grafica 1. Comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno (octubre, 2015)

Los valores de oxígeno disuelto para este mes anduvieron en un rango de 1.3mg/l y 5.7 mg/l según Pot et al. (2009) a 2mg/l de oxígeno disuelto es letal en exposición prolongada. En nuestro caso las tilapias se seguían alimentando y no presentaron síntomas de estrés.

Esta disminución se muestra en un solo día con respecto a los demás podemos observar que se encontraban entre el rango óptimo.

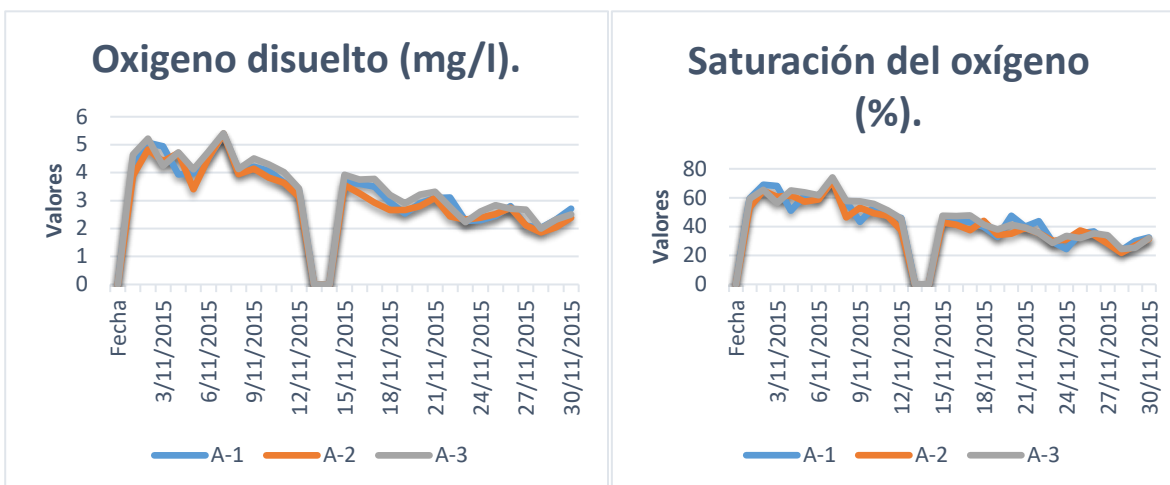
En el caso del porcentaje de saturación de oxígeno está estrictamente relacionada con el oxígeno disuelto en el agua. La saturación de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno que puede tener un tanque. El valor aceptado de saturación oscila entre 40% y 110%. El valor más bajo para unos de nuestros taques fue de 16% y el más

alto fue de 81.6%. Con respecto al valor más bajo nos damos cuenta que tuvimos un descenso en la saturación de oxígeno, sin embargo, con la revisión de nuestra bitácora para esa fecha no se registró mortalidad ya que el descenso no fue prolongado. Como podemos observar en las gráficas, hay unas fechas que tiene valores nulos debido a las precipitaciones, en las cuales se suspendía el levamiento de los parámetros.



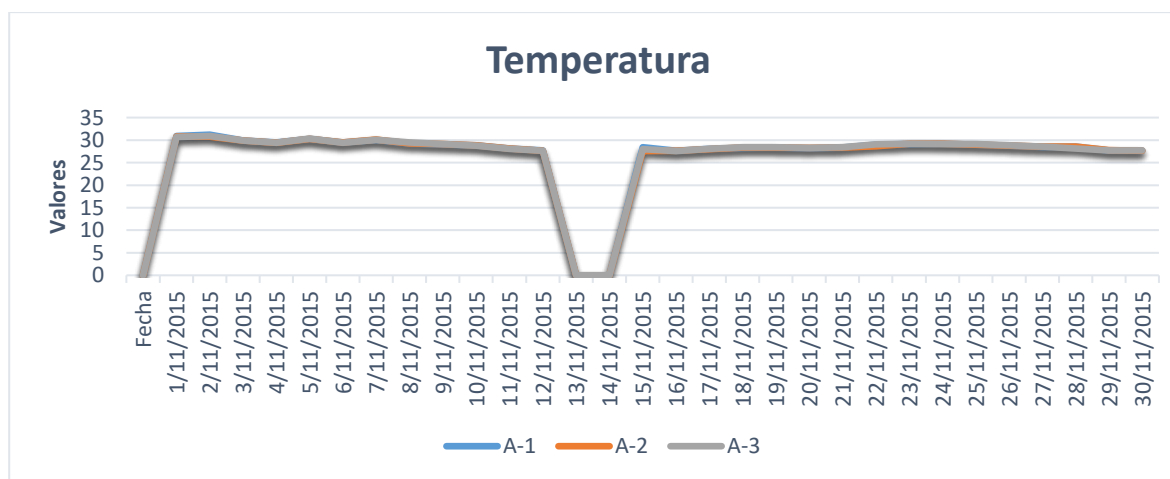
Grafica 2. Comportamiento de la temperatura (octubre, 2015)

El rango óptimo para la temperatura es de 28 a 32°C, en el caso de los tres tanques A1, A2 y A3 se observó un comportamiento similar. Lo más importante es que los valores anduvieron dentro de los rangos óptimos. La temperatura más baja fue de 28.1°C y la más alta fue de 30.9°C. La temperatura influye directamente al oxígeno disuelto (a mayor temperatura aumenta el metabolismo del pez lo que influye en aumento de respiración del pez).



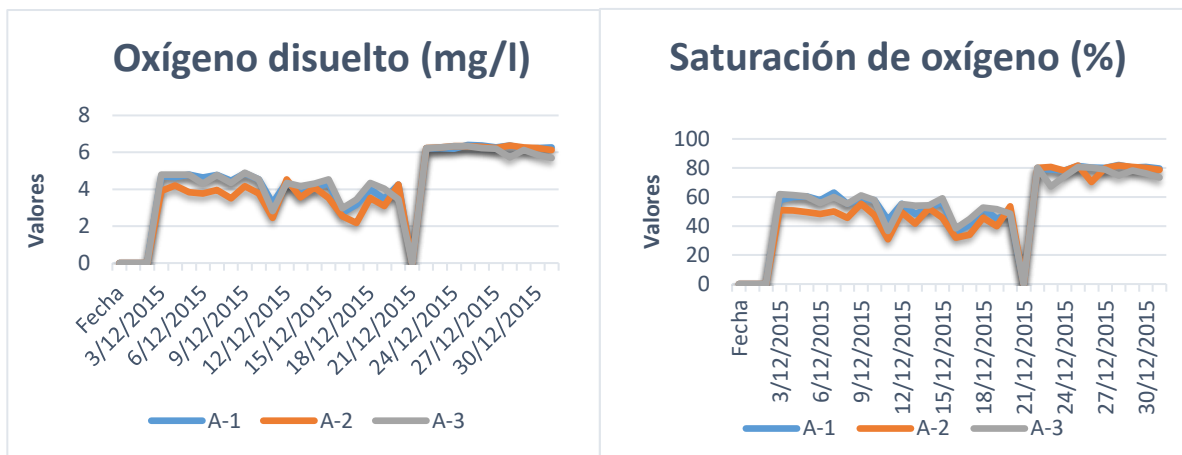
Gráfica 3. Comportamiento del oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (noviembre, 2015)

Para este mes se observó que para los tres tanques (A1, A2 Y A3) no hubo mucha variación en los valores de oxígeno disuelto, además, como la saturación de oxígeno está estrechamente relacionado al oxígeno disuelto la tendencia fue similar. El valor más alto para el oxígeno disuelto fue de 5.41mg/l y el más bajo fue de 2.3mg/l, en el caso del porcentaje de saturación de oxígeno los rangos oscilaron entre 24.45% y 74.05%.



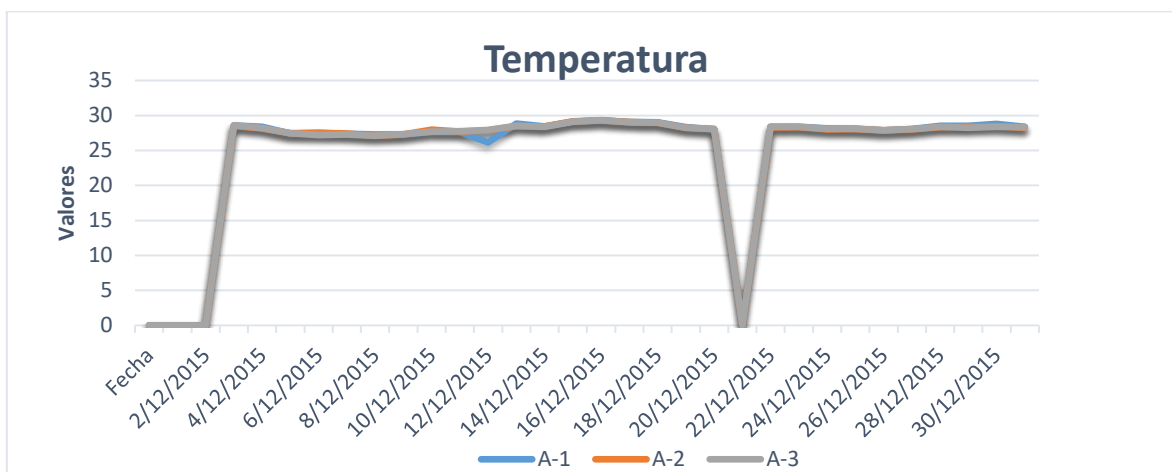
Gráfica 4. Comportamiento de la temperatura (noviembre, 2015)

El comportamiento de la temperatura para los tres tanques fue similar. El valor de la temperatura para este mes oscilo entre 28 a 30°C, es decir a temperaturas muy idónea para el cultivo.



Grafica 5. Comportamiento del oxígeno disuelto y saturación de Oxígeno (diciembre, 2015)

Como podemos observar en las gráficas para este mes en los tanques A1 y A3 el comportamiento del oxígeno y el porcentaje de la saturación de oxígeno disuelto fue similar. El valor más bajo del oxígeno disuelto para estos dos tanques fue de 2.9 mg/l y para el porcentaje de saturación el valor más bajo registrado fue de 30%. En el caso del tanque A2 el comportamiento fue por debajo del A1 y A3. Además de eso, se observó un incremento del oxígeno disuelto para el 22 del mismo mes, se disparó a 6.2 mg/l para los tres tanques, en el caso del porcentaje de saturación de oxígeno se registró un dato de 80.3%.

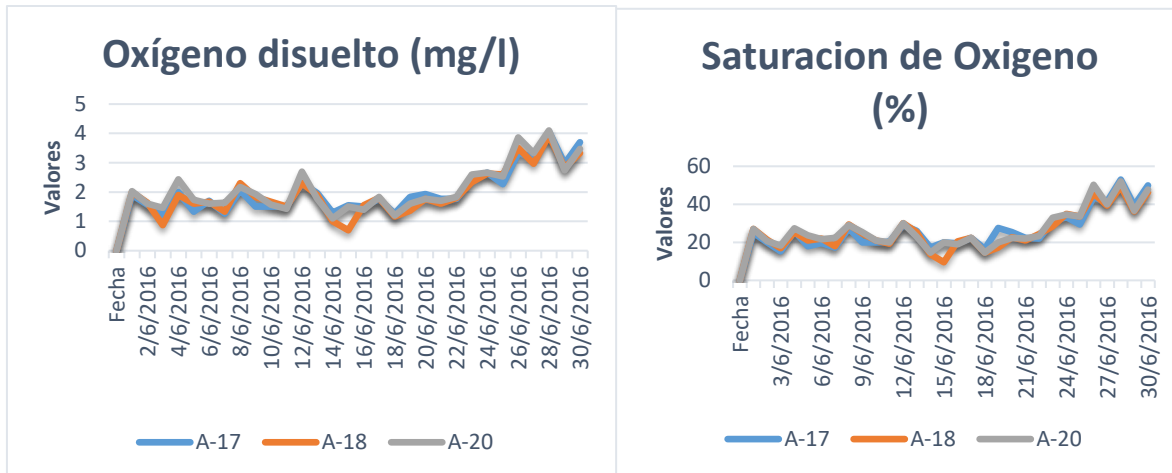


Grafica 6. Comportamiento de la temperatura (diciembre, 2015)

En este mes la temperatura fue similar para los tres tanques A1, A2 y A3, con una temperatura registrada a 28°C. La única variación que se observa en la trayectoria es un descenso en el tanque A1 el 12 de diciembre, la temperatura registrada para ese día fue de 26.1°C.

En lo que respecta a los parámetros físicos (olor color y sabor), no se realizó una bitácora para esto, sin embargo, se hacía observaciones sobre el comportamiento de las tilapias en los tanques. En varias ocasiones el agua se tornó color azul-verdusco producto del fitoplancton, para contrarrestar esta inocuidad se realizaron recambios fuertes (50%).

Para la segunda etapa de cultivo que comprendió junio, julio y agosto del 2016 se obtuvieron los siguientes datos:

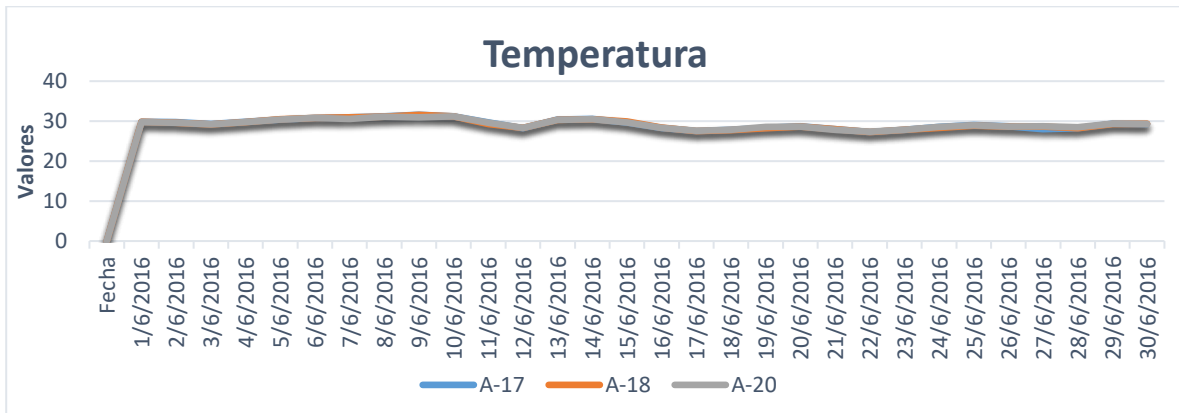


Grafica 7. Comportamiento del Oxígeno disuelto y la saturación oxígeno (junio, 2016)

Para este mes el comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno en los tanques fue muy similar con tendencia discontinua. El valor más bajo que se observó fue de 1.55mg/l. Para esta fecha ya se había aumentado la densidad por M^3 , además ya se encontraban todos los tanques en la fase de engorda lo que implicaba mayor consumo de oxígeno y mayor producción de heces fecales. En el caso del comportamiento de la saturación de oxígeno podemos observar que lleva la misma tendencia que el oxígeno disuelto. Con estos valores tan bajos cualquier persona podría alarmarse ya que la mayoría están por debajo de los rangos de tolerancia, sin embargo, se comprobó que las tilapias toleran bajos niveles de saturación de oxígeno.

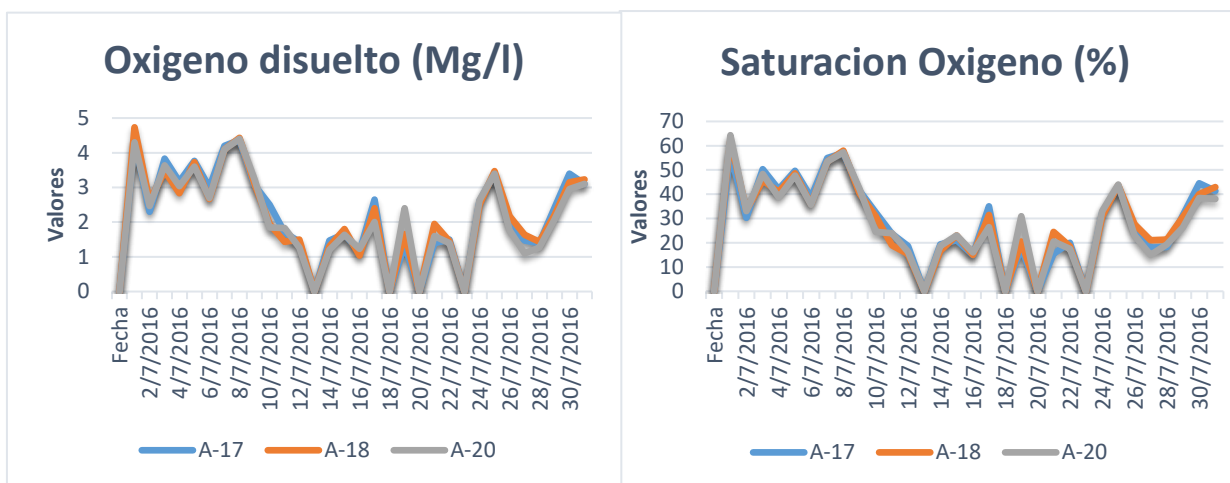
En esta etapa se mantuvo con flujo de agua todo el día, además se le hacía dos limpiezas de fondo al día (por la mañana y por la tarde).

A los tres tanques se instaló un sistema de aireación mediante soplador blower, el cual, se encendía en la noche con el propósito de compensar el consumo de oxígeno por la acción bacteriana.



Grafica 8. Comportamiento de la temperatura (junio, 2016)

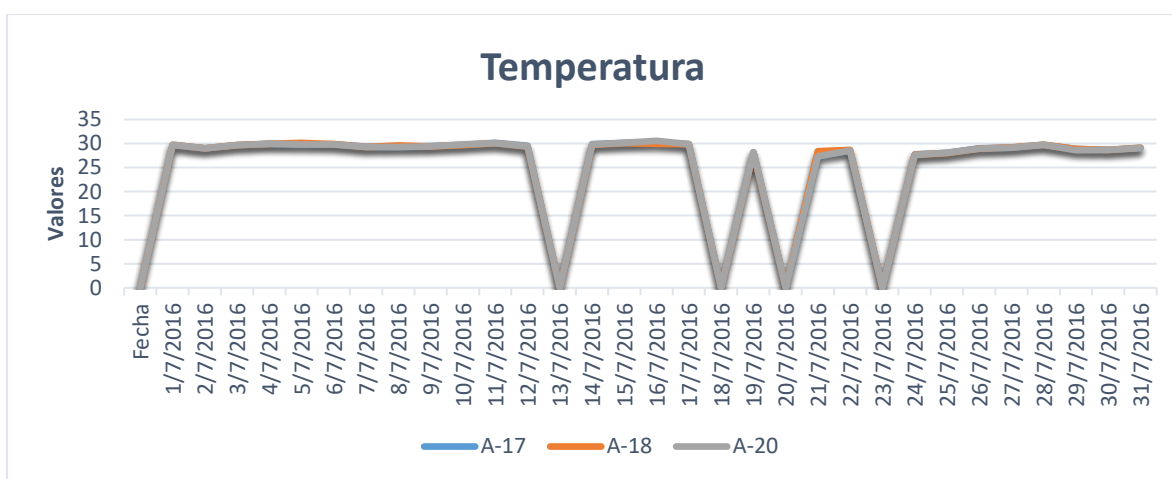
El comportamiento de la temperatura para los tres tanques fue muy similar y dentro de los rangos óptimo de tolerancia de la tilapia. Los valores oscilaron entre 28 y 30 grados centígrados. Para este mes hubo altas nubosidades y precipitaciones ligeras y dispersa, sin embargo, la temperatura se mantuvo dentro de los rangos óptimos.



Grafica 9. Comportamiento del Oxígeno disuelto y la saturación de oxigeno (julio, 2015)

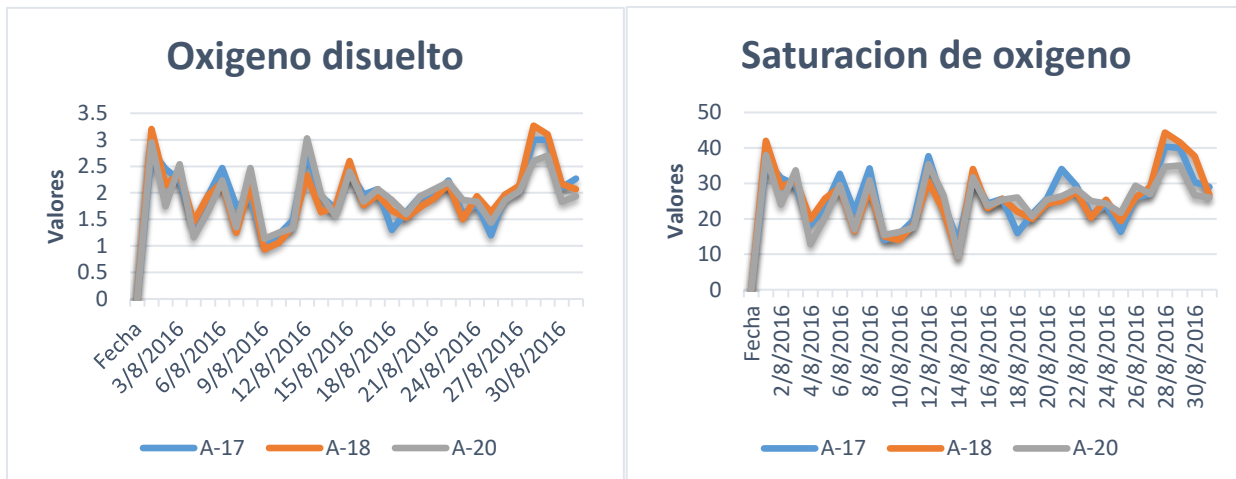
Se observó una variación del oxígeno disuelto en los tres tanques. Del 13 al 23 de junio es donde se observa que disminuyo el oxígeno disuelto debido a las constantes precipitaciones y a las nubosidades que impedían la producción primaria.

Meyer (2004) confirma, “para la época lluviosa, se reduce la intensidad de luz solar debido a las altas nubosidades, impidiendo la producción de oxígeno provocando fluctuaciones en los niveles de oxígeno”. En el caso de la saturación de oxigeno se observó el mismo comportamiento con respecto al oxígeno disuelto. El porcentaje de saturación más bajo registrado fue de 16%.



Grafica 10. Comportamiento de la temperatura (junio, 2016)

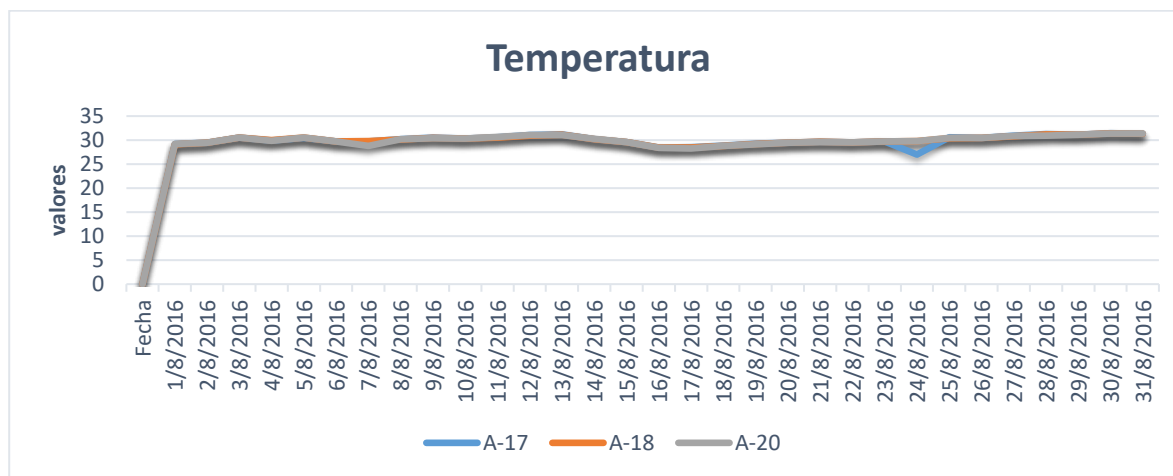
Para este mes la mayor precipitación fue del 13 al 22, sin embargo, se observó una tendencia lineal con valores dentro de los rangos óptimos. En comparación a la tendencia variada (ascendente y descendente) que se observó en el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno, se puede decir que las precipitaciones no influyeron en la temperatura de los tanques.



Grafica 11. Comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno (agosto, 2016)

En este mes fue que se realizó la cosecha de los peces. El comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno fue muy variado en todo el mes. Se puede observar que las fluctuaciones fueron similares en todos los tanques. El registro más bajo de oxígeno disuelto para este mes fue de 0.9m/l.

En el caso de saturación de oxígeno, el porcentaje más bajo fue de 9.3%.



Grafica 12. Comportamiento de la temperatura (agosto, 2016)

Se observó en todos los gráficos la temperatura fue el parámetro que menos se vio afectado ya que los valores siempre se mantuvieron dentro de los rangos de aceptaciones. En el caso se del oxígeno disuelto se registraron por debajo de los rangos óptimos, lo cual confirma que la tilapia soporta vivir a altas densidades y también soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

9.2 Descripción de los parámetros de crecimiento en peso.

La siembra (primera fase) para los tres tanques A1, A2 y A3 se realizó el 30 de septiembre del 2015, sin embargo, se comenzó a dar alimento y toma de parámetros físicos-químicos hasta el 02 de octubre.

Al momento de recepción de las bolsas plásticas con los alevines se procedió a colocarlos en la superficie del agua para su aclimatización; se observó que en las mismas se encontraban gran cantidad de alevines muertos. Se sembraron 11 tanques con 4500 alevines por tanque; para esta investigación en lo que se refiriere a la primera fase de cultivo se tomó en consideración solamente tres tanques: A1, A2 Y A3.

El tanque A1 presento una mortalidad de 1727 peces con sobrevivencia de 2773 peces, obteniendo a una densidad de siembra de 23 pez/m³; en el tanque A2 presento mortalidad de 643 peces con sobrevivencia de 3857 peces, obteniendo una densidad de siembra de 32 pez/m³; para el A3 la mortalidad de 1857 con sobrevivencia fue de 2643 peces y la densidad de siembra fue de 22 pez/m³.

La mortalidad que se presentó en los tanques fue debido al estrés que sufrieron los alevines durante el empaque, además de que los trabajadores carecían de experiencia al momento de la aclimatación.

La RD con la que se comenzó el cultivo fue del 13% de la biomasa. Esta tasa de alimentación se aplicó para los tres tanques. Según la tabla de alimentación de referencia que se utilizó para este cultivo la tasa de alimentación tenía que ser del 12% para un 1gr. Se tomó la decisión de comenzar de utilizar esta tasa de

alimentación debido a que el peso de los alevines era muy bajo, y se requería levantarlos rápidamente.

Tabla 6. Tabla de parámetros de crecimiento al inicio del cultivo

Tanques	No. Alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento	Cant/ tiempo de alimentación (gr)	Tipo de Alimento
A-1	2773	1	6,11	0,13	0,79	90,15	45%PC
A-2	3857	1	8,50	0,13	1,10	124,85	45%PC
A-3	2643	1	5,82	0,13	0,76	86,26	45%PC

En comparación a los otros ensayos que tenemos de referencia, nos damos cuenta que el peso promedio inicial de los alevines fue muy bajo. según Soza (2004) afirma “el peso promedio inicial que se utilizó en cultivo de tilapia las jaulas flotantes era de 3 gr”. En comparación con los demás ensayos de referencia el peso inicial fue mayor a los 3 gr.

Tabla 7. Tabla de parámetros de crecimiento para finales del mes de octubre, 2015

Tanques	No. Alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento x día	Cant/ tiempo de alimentación (gr)	Tipo de Alimento
A-1	2773	12	73,30	0,08	5,86	665,11	38%PC
A-2	3857	12	101,95	0,08	8,16	926,16	38%PC
A-3	2643	12	69,86	0,08	5,59	634,46	38%PC

Para este mes se alcanzó un peso promedio de 12 gr, presentando un peso acumulado de 11gr (33 días de cultivo), la tasa de crecimiento fue de 0.33 gr por día. Para este mes no hubo mortalidad en ninguno de los tanques. El oxígeno disuelto oscilo en 1.6 y 6 mg/l. En comparación con al proyecto NICANOR según Soza

(2004), obtuvieron una tasa de crecimiento de 1.1 gr en un periodo de 37 días de cultivo. Claramente se observa que hubo un crecimiento bajo.

Según la tabla de alimentación de referencia para este mes se tendría que tener un peso promedio de 20 gr.

Tabla 8. Tabla de parámetros de crecimientos (noviembre, 2015)

Tanques	No. alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento x día	Cant/ tiempo de alimentación (lb)	Tipo de alimento
A-1	2773	70	427,56	0,03	12,83	3,21	38% PC
A-2	3857	70	594,69	0,03	17,84	4,46	38% PC
A-3	2643	70	407,51	0,03	12,23	3,06	38% PC

El ritmo de crecimiento obtenido en todo el mes fue de 58 gr en 28 días de cultivo, obteniendo una tasa de crecimiento de 2.07 gr. Se obtuvo una ganancia de peso para el tanque A-1 de 354. 26 gr, para el tanque A-2 fue de 492.74 gr y para el tanque A-3 fue de 337.65 gr. En comparación al crecimiento en jaula (proyecto NICANOR), la tasa de crecimiento obtenida en este mes fue bajo, Soza (2004) afirma “para el segundo mes de cultivo se obtuvo una tasa de crecimiento de 4.1 gr”.

Algo muy importante es que según la tabla de alimentación de referencia para esta fecha de cultivo el peso promedio debería estar en 105 gr.

Tabla 9. Tabla de parámetros de crecimientos (diciembre, 2015)

Tanques	No. Alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento x día	Cant/ tiempo de alimentación (lb)	Tipo de alimento
A-1	2773	175	1.068,89	0,022	23,52	7,84	32%PC
A-2	3857	175	1.486,73	0,022	32,71	10,90	32%PC
A-3	2643	175	1.018,78	0,022	22,41	7,47	32%PC

Se finalizó la primera etapa con un periodo de 13 semanas de cultivo y según la tabla de referencia para este periodo el peso promedio debería estar 245 gr, sin embargo, el peso promedio obtenido fue de 175 gr para los tres tanques. En comparación a los meses anteriores, para este mes se observó el mayor ritmo de crecimiento con un peso acumulado de 105 gramos en un periodo de 28 días de cultivo. La tasa de crecimiento para este mes fue de 3.75 gr.

Dicho crecimiento pudo haber sido mayor, sin embargo, por motivo de precipitaciones se suspendía la alimentación, además se suministró alimento para camarón (32 PC) en la última semana de diciembre debido a los escasos de alimento.

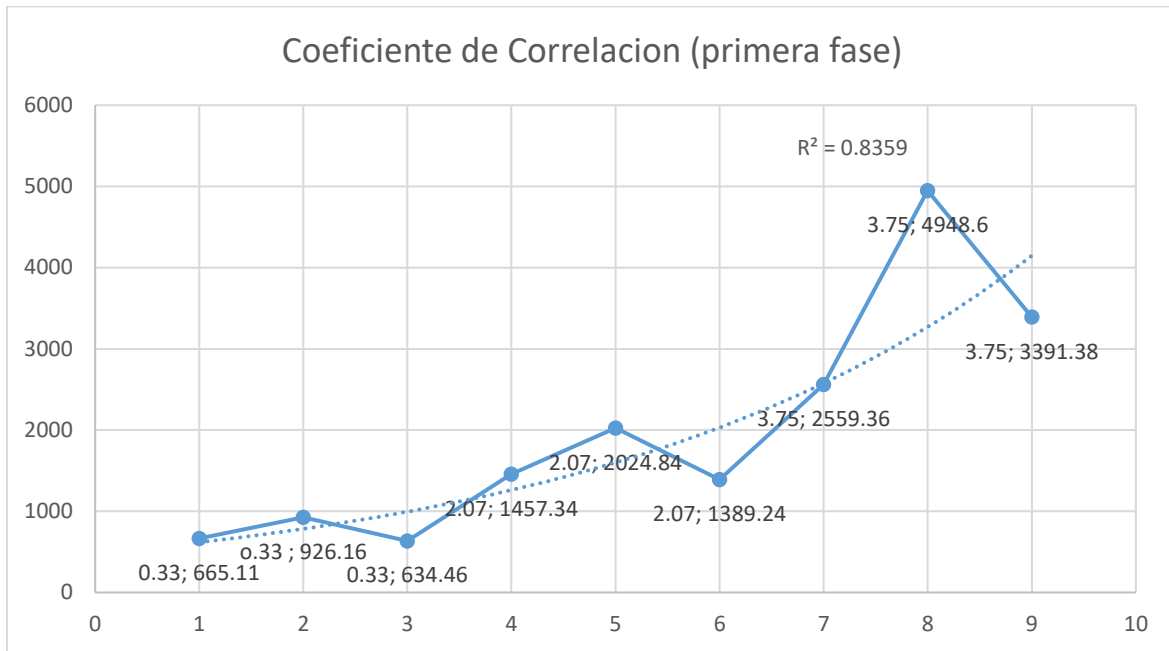
Tabla 10. Factor de conversión alimenticia y Rendimiento Piscícola para la primera fase.

Tanque	SIEMBRA	DENSIDAD	PI	PF	PESO ACUMULADO	CICLO	TASA DE CRECIMIENTO	BIOMASA LBS		GASTO ALIMENTO MENSUAL	FCA	Rendimiento piscícola
	No. Peces	peces/m ³	Gr	Gr	Gr	Días	Gr/Días	Inicial	Final	Lbs	(Lbs alim/Lbs pescado)	Kg/m ³
A1	2773	23.11	1	175	174	89.00	1.96	6.11	1,068.89	1076.56	1.01	4.01
A2	3857	32.14	1	175	174	89.00	1.96	8.50	1,486.73	1496.98	1.01	5.57
A3	2643	22.03	1	175	174	89.00	1.96	5.82	1,018.78	1026.32	1.01	3.82

El mejor rendimiento se observó en el tanque A2. Algo muy importantes es que en este tanque tenía la mayor densidad lo que significa que el rendimiento está estrechamente relacionada a la densidad de siembra.

De manera general se puede decir que la estrategia de alimentación implementada fue eficiente. La tasa de conversión alimenticia (FCA) en los tres tanques fue de 1.01. según Calderón et al (2016) para el cultivo de tilapias en estanques excavados las conversiones alimentarias se sitúan entre 1,0 y 1,3, en lo que respecta al cultivo de tilapias en jaulas flotantes, donde la contribución del alimento natural está prácticamente reducida a cero, las conversiones alimentarias fluctúan entre 1,5 y 1,8, pero muchas veces pueden estar por encima de 2:1, cuando la ración y/o el manejo alimentario no son adecuados.

De todo lo anterior se puede decir que en esta primera fase se observó un crecimiento eficiente, muy cercano al proyectado o tomado como referencia. Se había proyectado un crecimiento diario de 1 gr/día, para el primer mes, para el segundo y tercer mes 3gr/día. Como se puede observar en el cuadro relacionada al crecimiento en la primera fase los datos encontrados no están distantes de lo planeado.



Grafica 13. Correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado en la primera fase de cultivo

Según la gráfica, la correlación que existe entre ambas variables es positiva fuerte, ya que coeficiente de determinación fue de 0.8359 Dichos resultados demuestran que la tasa de crecimiento está estrechamente liga a la cantidad de alimento suministrado.

En lo que respecta a nuestra hipótesis planteada, se acepta la hipótesis nula debido a que si “Existe correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado”.

La segunda fase de cultivo comprendió el mes de junio, julio y agosto del 2016, se inició el cultivo se inició con las siguientes densidades:

Tabla 11. Numero de peces, densidad y peso promedio a inicio de la segunda fase de cultivo.

Tanques	No. peces	Densidad	Peso promedio
A17	6000	50	436,00
A18	6050	50	389,73
A20	6100	50.1	378,31

Para esta etapa se suministró aeración mediante sopladores blower con difusores. En comparación con el manejo técnico que se dio en la primera fase, debido a q en esta fase se cambió por completo el suministro de agua, además de los tiempos de alimentación diarios y los recambios de agua.

Los parámetros de crecimiento que se evaluaron en este mes fueron los mismo en comparación con la primera fase. La siguiente tabla muestra los parámetros de crecimiento a inicio del cultivo:

Tabla 12. Tabla de parámetros de crecimientos a inicios de junio.

Tanque	No. Alevines	Peso Promedio	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento x día (lb)	Alimento (PC)
A-17	6000	436,00	5,762.11	0,02	115.24	32% PC
A-18	6050	389,73	5.193,54	0,02	103.87	32% PC
A-20	6100	378,31	5.083,02	0,02	101.66	32% PC

Se inicio con una ración diaria del 2% para los tres taques. Se alimentó tres veces al día para este mes (dos por la mañana y una por la tarde). Se puede observar que

al inicio de la segunda fase el tanque A1 tenía la población menor, sin embargo, el peso promedio registrado en este tanque era mayor que en los demás.

Tabla 13. Tabla de parámetros de crecimiento a finales de junio.

Taque	No. Alevín	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento/ día Lb	Tipo de Alimento
A-17	6000	560,00	7.400,88	0,01	74.00	32% PC
A-18	6050	595,00	7.928,96	0,01	79.29	32% PC
A-20	6100	525,00	7.053,96	0,02	141.08	32% PC

Para este mes el ritmo de crecimiento fue de 124 gr para el tanque A-17, para el A-18 fue de 205.27 gr y para el A-20 fue de 146.69 gr. La tasa de crecimiento para el tanque A17 fue de 4.13 gr, para el tanque A18 fue de 6.84 gr y para el tanque A20 de 4.89 gr.

Cuando se alcanzó 12 días de cultivo se disminuyó la ración diaria al 1%, en el tanque A18. Se tomó esta decisión debido a que este tanque presentaba la biomasa más alta y si se seguía alimentando con una ración diaria del 2%, podría afectar al FCA. La RD del tanque A17 se disminuyó al 1% al completar los 19 días del cultivo. En el tanque A20 se tenía la mayor población de peces, sin embargo, para este mes, represento la biomasa más baja, para compensar el crecimiento en este tanque se decidió mantener la RD.

Tabla 14. Tabla de parámetros de crecimiento (julio, 2016)

Tanque	No. Alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento/ día (Lb)	Tipo de Alimento
A-17	6000	570,00	7.533,04	0,01	75.33	32% PC
A-18	6050	652,00	8.688,55	0,01	86.89	32% PC
A-20	6100	657,00	8.827,53	0,02	176.55	32% PC

Para este mes, el ritmo de crecimiento fue de 10 gr para el tanque A-17, para el A-18 fue de 57 gr y para el A-20 fue de 132 gr. La tasa de crecimiento para el tanque A17 uno fue de 0.33 gr, para el tanque A18 fue de 1.9 y para el tanque A20 fue de 4.4gr.

En comparación al crecimiento obtenido en el mes de junio nos damos cuenta de que el ritmo de crecimiento y la tasa de crecimiento fueron muy baja. La ganancia de peso para el tanque A17 fue de 132.16 gr, para el A18 fue de 759.57 gr y para el A20 fue de 1773.57 gr. Podemos observar que los mejores resultados los presenta el tanque A20. Lo que significa que la decisión que se tomó de mantener la RD al 2% fue acertada, a razón de dichos resultados, para este mes se mantuvo la RD.

Para este mes intervinieron dos factores en la alimentación; el primer factor que influyó fue; las precipitaciones, la cual influye en el comportamiento del oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno. Para la 3ra semana de este mes se intensificaron las precipitaciones impidiendo la toma de los parámetros físicos – químicos y el suministro de la alimentación. El segundo factor fue la alimentación deficiente debido a los escasos de alimento.

Tabla 15. Tabla de parámetros de crecimiento (agosto, 2016)

Tanque	No. Alevines	Peso Promedio (gr)	Biomasa (lb)	RD %	Total Alimento/día (lb)	Tipo de Alimento
A-17	5999	665,00	8.787,08	0,01	87.87	32% PC
A-18	6050	700,00	9.328,19	0,01	93.28	32% PC
A-20	6100	700,00	9.405,29	0,01	94.05	32% PC

Para el último mes de cultivo se presentó la misma problemática con la alimentación, presento un ritmo de crecimiento de 95 gr para el tanque A-17, para el A-18 fue de 48 gr y para el A-20 fue de 43 gr. La tasa de crecimiento para el tanque A17 uno fue de 3.06 gr, para el tanque A18 fue de 1.55gr y para el tanque A20 fue de 1.39gr. Los valores del factor de conversión alimenticia y el rendimiento se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Factor de Conversión Alimenticia y Rendimiento Piscícola obtenida en la segunda fase cultivo.

Tanque	SIEMBRA	DENSIDAD	PI	PF	PESO ACUMULADO	CICLO	TASA DE CRECIMIENTO	BIOMASA LBS		GASTO ALIMENTO	FCA	Rendimiento piscícola
	No. Peces	peces/m3	Gr	Gr	Gr	Días	Gr/Días	Inicial	Final	Lbs	(Lbs alim/Lbs pez)	Kg/m3
A17	5999	49.99	436	665	229	92.00	2.49	5,761.15	8,787.08	8946.15	2.96	33.28
A18	6050	50.42	389.73	700	310.27	92.00	3.37	5,193.54	9,328.19	8664.43	2.10	32.23
A20	6100	50.83	378.31	700	321.69	92.00	3.50	5,083.02	9,405.29	9068.47	2.10	33.74

En lo que respecta al FCA para el tanque A17 fue de 2.96, para el A18 y A20 fue de 2.10, siendo estas muy altas e inadecuadas. Según Calderon et al (2016) las conversiones alimentarias situadas entre 1,0 y 1,3 son comunes en el cultivo de tilapias en estanques excavados (raciones extrusadas de buena calidad), para las

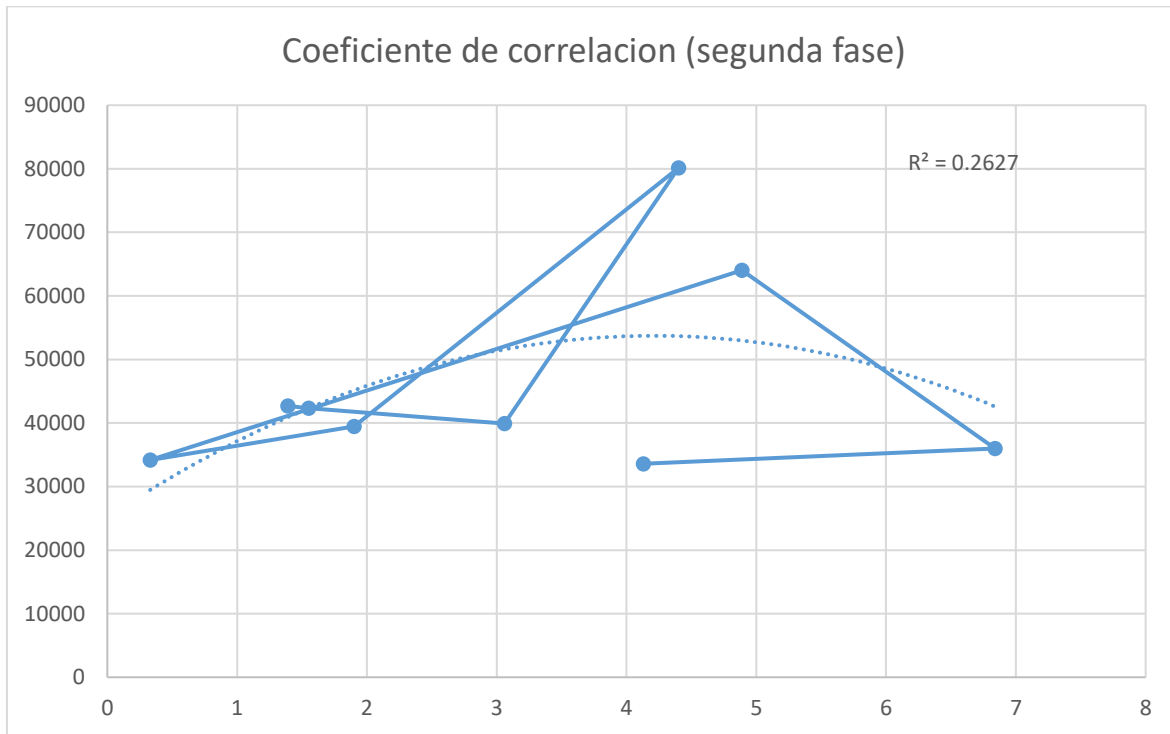
jaulas flotantes, las conversiones alimentarias fluctúan entre 1,5 y 1,8, pero muchas veces pueden estar por encima de 2:1, cuando la ración y/o el manejo alimentario no son adecuados.

Ahora bien, en cuanto al comportamiento de la productividad piscícola de los tanques circulares analizados según la tabla de referencia, se puede decir que estuvo cercano a las 9,727.53 libras proyectadas por tanque, como resultado de una siembra 6309 peces y un peso acumulado de 700 gramos en 26 semanas. En nuestro caso, la siembra en etapa de engorda varió desde 5,999 peces en el Tanque A17 hasta 6,100 peces en el tanque A20, con un peso de cosecha que anduvo entre 665 y 700 gramos.

Estos pesos se lograron en un período más largo de cultivo (11 meses de 7 proyectados), lo cual se debió a problemas de suministro de agua en período de verano y suministro deficiente del alimento. No obstante, esto se puede decir que en general estos sistemas de producción permiten soportar una carga de 6000 a 7000 peces y lograr pesos de hasta 2 libras por pez en 9 meses de cultivo.

En el caso particular nuestro, la producción osciló entre 8787 libras en el tanque A17 y 9405 libras en el tanque A20, con un rendimiento piscícola osciló entre 32 a 33 kg/m³, los cuales se encontraron en rangos aceptables para estos sistemas de producción.

La tasa de crecimiento osciló en un rango de 2.49 a 3.50 gr/día, variando de un tanque a otro y de un mes a otro, la tendencia de incremento de la tasa de crecimiento diario en la medida que el cultivo avanza en esta etapa no fue bien marcada, y esto se debió fundamentalmente a que en esta última etapa de engorda la alimentación estuvo deficiente.



Grafica 14. Correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado en la segunda fase de cultivo

Según la gráfica de correlación los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa no existe correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado, aunque la correlación positiva el valor del coeficiente de determinación es de 0.2627, lo cual indica que la correlación es débil.

Sin embargo, dichos resultados hubieran sido más elevados si no se hubiera tenido deficiencia y carencia en la alimentación. Se puede decir que los sistemas de producción de tilapia en tanques circulares son en general muy eficientes, con buena técnica de manejo permiten soportar una carga de 6000 a 7000 peces por tanque y lograr pesos de hasta 2 libras por pez en 9 meses de cultivo.

X. CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos-químicos evaluados, la temperatura fue el parámetro que tuvo menos variación y se mantuvo dentro de los rangos óptimos de cultivo durante todas las fases de cultivo, el caso del oxígeno disuelto para la primera fase de cultivo se registraron muchas variaciones en los tanques y en los meses de cultivo, los valores registrado oscilaron entre 1.9 y 6 mg/l, en el caso de la saturación de oxígeno los valores oscilaron entre 16% y 83.6%. No se registró mortalidad en ninguno de los tanques durante la primera etapa, lo que significa que las tilapias son capaces de soportar bajas cantidades de oxígeno disueltos en el agua. Para la segunda fase de cultivo los parámetros físicos – químicos fueron afectado por las precipitaciones. El reservorio es producto de las escorrentías de las precipitaciones, las cuales influyeron en la turbidez del agua. El oxígeno disuelto presente en los tres tanques fue variado y bajo los valores anduvieron entre 0.8 y 4 mg/l, en lo que respecta a la saturación de oxígeno el valor más bajo fue de 9.3%. Con la experiencia que se tuvo se confirma que la *O. Nilotica* (GIFT) esta mejorada para tolerar hasta 1ml/l y aun se alimenta con la misma voracidad que con 4mg/l, además que las condiciones climáticas en la Costa Caribe Norte son idóneas para el cultivo de tilapia.
2. Las mortalidades presentadas al momento de la siembra se debieron: los alevines al momento de empaque en el centro de alevinaje no fue el recomendado, existió mal manejo con la administración del oxígeno puro, también el peso promedio al momento de siembra no era el recomendado, además de la falta de experiencia por parte de los trabajadores al momento de la aclimatación. Los parámetros de crecimiento de peso obtenido en la primera fase de cultivo fueron similares para los 3 tanques. El peso acumulado fue de 174 gr, la tasa de crecimiento fue de 1.96 gr. El FCA fue de 1.01 para los tres

tanques y la producción piscícola anduvo entre 3.82 y 5.57 entre los tanques. En esta etapa lo que más influyó en el bajo crecimiento fue que los alevines no presentaban el peso promedio recomendado para el inicio de siembra, además el alimento de inicio que se utilizó no fue la idónea (45 % de proteína cruda). Para la segunda fase de cultivo los parámetros de crecimiento no fueron muy marcado, debido a escasas de alimentó en el mercado nacional, lo que influyo que se mantuviera tablas de alimento prolongados y las cantidades de alimentos suministrados no eran las correcta esto al final se vio reflejado en el FCA (2.10 y 2.96 entre tanques). La tasa de crecimiento anduvo entre 2.49 y 3.50 gr entre tanques. El peso acumulado anduvo entre 229gr y 321. 69 gr. el mayor rendimiento piscícola se observó en el tanque A20 (33.74 kg/m³). La densidad de siembra para la primera fase fue muy baja, sin embargo, se pudo comprobar que el mayor rendimiento piscícola se obtuvo en el tanque que tenía la mayor densidad de siembra. Para la segunda etapa se observó variación en el crecimiento. En el tanque A17 con densidad 50 peces/m³ se observó que a inicio de la segunda fase el peso promedio de los peces era mayor que en el tanque A20 con densidad 50 peces/m³. Para compensar dicho crecimiento se mantuvo la RD por tiempo más prolongado en el tanque A20, siendo esta una decisión adecuada ya que al momento de la cosecha el peso promedio del tanque A17 fue de 665 gr y para el A20 fue de 700gr, lo que confirma que los tanques de geomenbrana de 120m³ con buena técnica de manejo permiten soportar una carga de 6000 a 7000 peces.

3. En la primera fase de cultivo la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado presento una correlación positiva fuerte, con un valor del coeficiente de determinación de 0.8359 En lo que respecta a nuestra hipótesis planteada, se acepta la hipótesis nula debido a que si “Existe correlación entre la tasa de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado”. Para la segunda fase de cultivo la correlación entre la tasa de crecimiento y la alimentación fue

positiva débil ya que el valor del coeficiente de determinación fue de 0.2627. Existe un en contraste con la primera fase de cultivo, donde se aceptó la hipótesis y la segunda fase se rechaza la hipótesis. Algo importante de mencionar es que en la segunda fase los resultados se vieron afectados por la deficiencia en la alimentación.

XI. RECOMENDACIONES

1. Al momento de realizar la siembra se recomienda que es necesario garantizar un mejor abastecimiento de la semilla en cuanto a los tamaños de esta, para evitar estrés y mortalidad durante el transporte y la aclimatización. Además, es importante considerar la calidad y la cantidad de agua, la cual es una de las variables que influyen directamente en el crecimiento.
2. Cualquier productor o institución que quiera incursionar en cultivo de tilapia debe tener muy claro que existen muchas limitantes, dentro de las cuales, las más importantes tienen relación con la obtención del alimento, en nuestro caso particular lo que se observó es que el no contar con alimento fluido y de calidad influyó directamente en la producción piscícola
3. Por último, en el caso de la universidad sería muy idóneo que realizara un ensayo, con mayor exhaustividad en tanques de geomenbrana para enriquecer el cocimiento de los alumnos, además de crear expectativa a personas que desee practicar esta actividad.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, L. & Solís, V. (2010). Proyecto cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis sp*) en tanques cilíndricos de concreto, comarca los ranchos, León - Nicaragua.
- Asian Development Bank. (2004). Estado mundial de la acuicultura 2006. Roma.
- Banco Central de Nicaragua y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2013). Políticas Y proyectos para el desarrollo del sector pesquero y acuícola en Nicaragua.
- Bautista, J. & Velazco, J. (2011). Calidad de agua para el Cultivo de tilapia en tanques de geomenbrana. Dirección de fortalecimiento a la investigación, universidad Autónoma de Nayarit, México.
- Bernabé, G. 1991. Acuicultura, Tomo I. Ediciones Omega S.A. Barcelona España.
- Calderón, A; Toruño, Y & Paramo, J. (2016). Situación de la producción de peces de la región norte de Nicaragua en el II Semestre del 2015. FAREM –ESTELI, UNAN-MANAGUA. Nicaragua.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. El estado mundial de la pesca y la acuicultura.
- FAO (2005-2018). Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Programa de información de especies acuáticas. **Texto de Rakocy, J. E.** In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 18 February 2005. [Citado 3 April 2018]. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es
- FAO (2005-2018). National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - México. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. **Texto de Montero Rodríguez, M.** In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 10 June 2013. [Citado 3

April 2018]. Disponible en:
http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es#tcN7009C

- FAO. (2006-2011). Visión general del sector acuícola nacional. Colombia. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Salazar Ariza, G. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 1 February 2005.
- FAO. (2008). Pesquería y Acuicultura estadística. Preparado por el Servicio de Estadísticas e Información, Departamento de Pesca y Acuicultura, FAO: 31 de diciembre de 2009.
- FAO. (2014). Contribución de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en Centroamérica. Oficina Subregional para Mesoamérica. Panama.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.
- Fitzsimmons, K. (2000). FUTURE TRENDS OF TILAPIA AQUACULTURE IN THE AMERICAS. Tucson, Arizona: Department of Soil, Water and Environmental Science of United States Ficha Municipal, San Juan de Limay.(s.f).
- García, M. (2010). Estudio y análisis del pescado tilapia y propuesta gastronómica. Universidad tecnológica equinoccial. Quito–Ecuador. 38pp.
- GOMEZ, J.L.; PEÑA, B.; SALGADO, I.H. & GUZMAN, M. (2003) Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelcolake, Morelos, Mexico. Rev. biol. trop.2003, vol.51, n.1, pp.221-228. SSN 0034-7744.
- Gonzales, T. (2015). Proyectos pilotos de cultivo de tilapia en 4 fincas agroacuícolas del municipio de Pueblo Nuevo y San Juan de Limay en el municipio de Estelí, Nicaragua.

- Hsien-Tsang, C & Quintanilla, M. (2008). Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura, El Salvador.
- HUET, M. 1985. Tratado de piscicultura. ESP. Ediciones mundi- prensa. 3ed. P. 11.
- J, Maradiaga. Entrevista personal. Octubre 2015.
- Lim C, Webster C. (2006). Tilapia: Biology, culture and nutrition. Food products press. Pág 222 – 241. EEUU.
- Malpartida, J. (2015). Curso piscicultura y aeración. Universidad federal de Santa Catarina.
- Maradiaga, J y Bosco, J. (2015). Piscicultura en Nicaragua principales logros y desafíos. Elemento para una planeación estratégica. Managua, Nicaragua. Información no publicada.
- MARTÍNEZ, T. (2003). Adaptación y crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus* x *O. niloticus* en agua salada (Tesis de Doctora en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima, México). 105pp.
- Mayorga, F; Corral, R; Gutierrez, H; Arriaga, V & Perez J. 2011 Guía empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la tilapia (mojarra). Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. México
- MENDISABAL, S. H. 1998. Engorde exitoso de tilapia. Alevín Reversado que Asegura Mejores Rendimientos. Rev. Agricultura. N° 7: 5-6.
- Metodología de la investigación. (2011) Modulo I: Tipos de estudios – Niveles de investigación. Perú: SCHEM – UNJFSC
- Meyer, D. & Meyer, ST. 2007. Reproducción y cría de alevines de tilapia. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

- Meyer, D. (2004). Introducción a la acuicultura. Escuela agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.
- MIFIC. (2005). Anuario pesquero y acuícola de Nicaragua 2004. Managua: Centro de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas (CIPA).
- Morales, A. (2003). Biología, Cultivo y Comercialización de la tilapia. Ed. AGT Editor. S. A. 4ta ed. México D.F.
- Morales, D; Castañeda H; Olmedos, J; Montoya, M & Cabañas L. (1988). Manual técnico para cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de PESCA. SEPESCA. México.
- Orozco, W. (2001). Manejo de recursos pesqueros y zonas costeras. Unidad: Acuicultura. Puerto Cabezas, RAAN: BICU-CIUM.
- PEMARES. (1988). Plan de explotación marisquera y de cultivos marinos de la región sur Atlántica. Andalucía, España.
- Perez, M & Saenz, M. (2015). Crecimiento de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi – intensivos. UNAN – León, Nicaragua.
- POOT, D; NOVELO, S. R. Y HERNÁNDEZ, H. M. (2009). Cultivo integral de la Tilapia Consultado el 28 de agosto del 2009. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/20458321/ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia#>, 30-40 p
- Reyna, C. (2007). Cultivo en jaulas flotantes de *Oreochromis Niloticus* en la granja NICANOR S.A. Ometepe Nicaragua. Universidad de San Carlos. Guatemala.
- Rosas, C. (1984), Respuestas metabólicas de *Sarotherodon mossambicus* medidas experimentalmente en un gradiente térmico (Pisces Cichlidae) México D.F. México, 10pp

- Saavedra, M (2006). Manejo de cultivo de tilapia. Departamento de Tecnología y Arquitectura. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.
- SOTO, j. (2010). Cultivo de tilapia en estanque recubierta con plástico impermeabilizante bajo un sistema de recirculación rancho san luis, castamay, campeche. Manifiesto de impacto ambiental. 100p.
- Soza, D. (2004). Proyecto de cultivo de tilapia en jaulas flotantes. NICANOR S.A. Ometepe, Nicaragua.
- Torres, E. 1993. Cultivo de la mojarra plateada (*O. niloticus*) y la mojarra roja.

XIII. ANEXOS

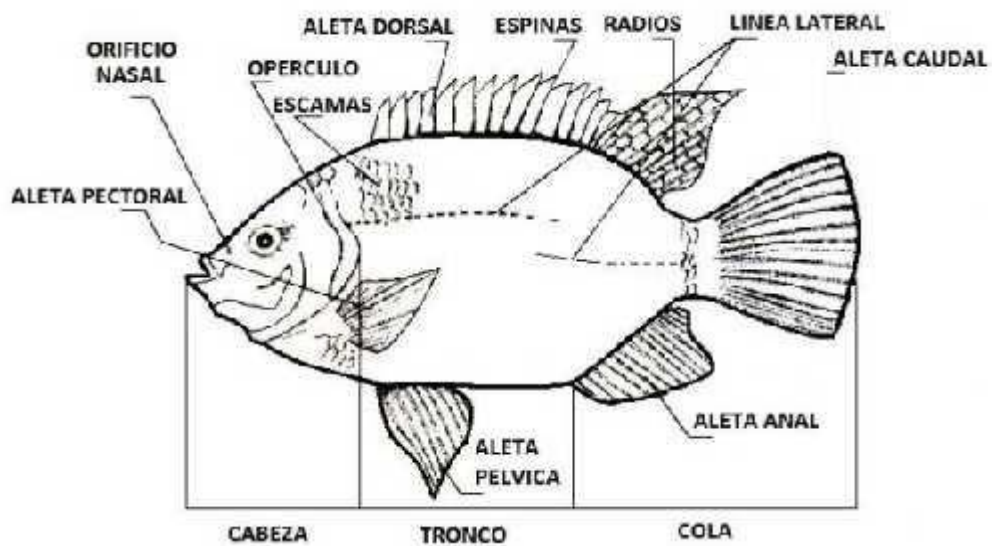
Anexo 1. Tabla de. Alimentación semanal por tanque utilizada como referencia

TABLA DE ALIMENTACION SEMANAL POR TANQUE												
PR EC RI	Sema na	Poblaci ón	Pes o (g)	% Mortali dad	Muert os	% Alimentac ión	Aliment/(dia (en g)	Alimento/se mana (en g)	Alim/Sem ana Lb	Alimen to dia rio (kg)	Alim/Quinc ena Lb	Alim/M es Lb
	1	7000	1	0.04	280	12	840	5,880	13	0.83		
	2	6720	4	0.03	202	10	2,688	18,816	41	2.64	54	
	3	6518	8	0.01	65	9	4,693	32,853	72	4.61		
	4	6453	12	0.005	32	8	6,195	43,366	96	6.09	168	222
	5	6421	20	0.004	26	7	8,989	62,925	139	8.84		
	6	6395	32	0.003	19	6	12,279	85,952	189	12.07	328	
	7	6376	50	0.002	13	5	15,940	111,581	246	15.67		
EN GRU E	8	6363	70	0.001	6	3	13,363	93,541	206	13.14	452	780
	9	6357	105	0.0009	6	2.5	16,687	116,809	257	16.41		
	10	6351	140	0.0009	6	2.3	20,451	143,157	315	20.11	573	
	11	6346	175	0.0008	5	2.1	23,320	163,239	360	22.93		
	12	6340	210	0.0007	4	2	26,630	186,409	411	26.19	770	1343
	13	6336	245	0.0006	4	2	31,046	217,325	479	30.53		
	14	6332	280	0.0006	4	2	35,460	248,223	547	34.87	1025	
	15	6328	315	0.0005	3	1.9	37,876	265,129	584	37.24		
	16	6325	350	0.0005	3	1.8	39,849	278,943	614	39.18	1198	2224
	17	6322	385	0.0005	3	1.7	41,378	289,646	638	40.69		
	18	6319	420	0.0005	3	1.6	42,463	297,242	655	41.76	1293	
	19	6316	455	0.0002	1	1.5	43,105	301,736	665	42.39		
	20	6315	490	0.0002	1	1.5	46,414	324,895	716	45.64	1380	2673
	21	6314	525	0.0002	1	1.5	49,721	348,046	767	48.89		

22	6313	560	0.0002	1	1.4	49,492	346,445	763	48.67	1530	
23	6312	595	0.0002	1	1.4	52,577	368,039	811	51.70		
24	6311	630	0.0002	1	1.3	51,685	361,796	797	50.82	1608	3137
25	6310	665	0.0002	1	1.3	54,548	381,835	841	53.64		
26	6309	700	0.0002	1	1.2	52,994	370,955	817	52.11	1658	1658
		45% de proteína									
		38% de proteína									
		32% de proteína									

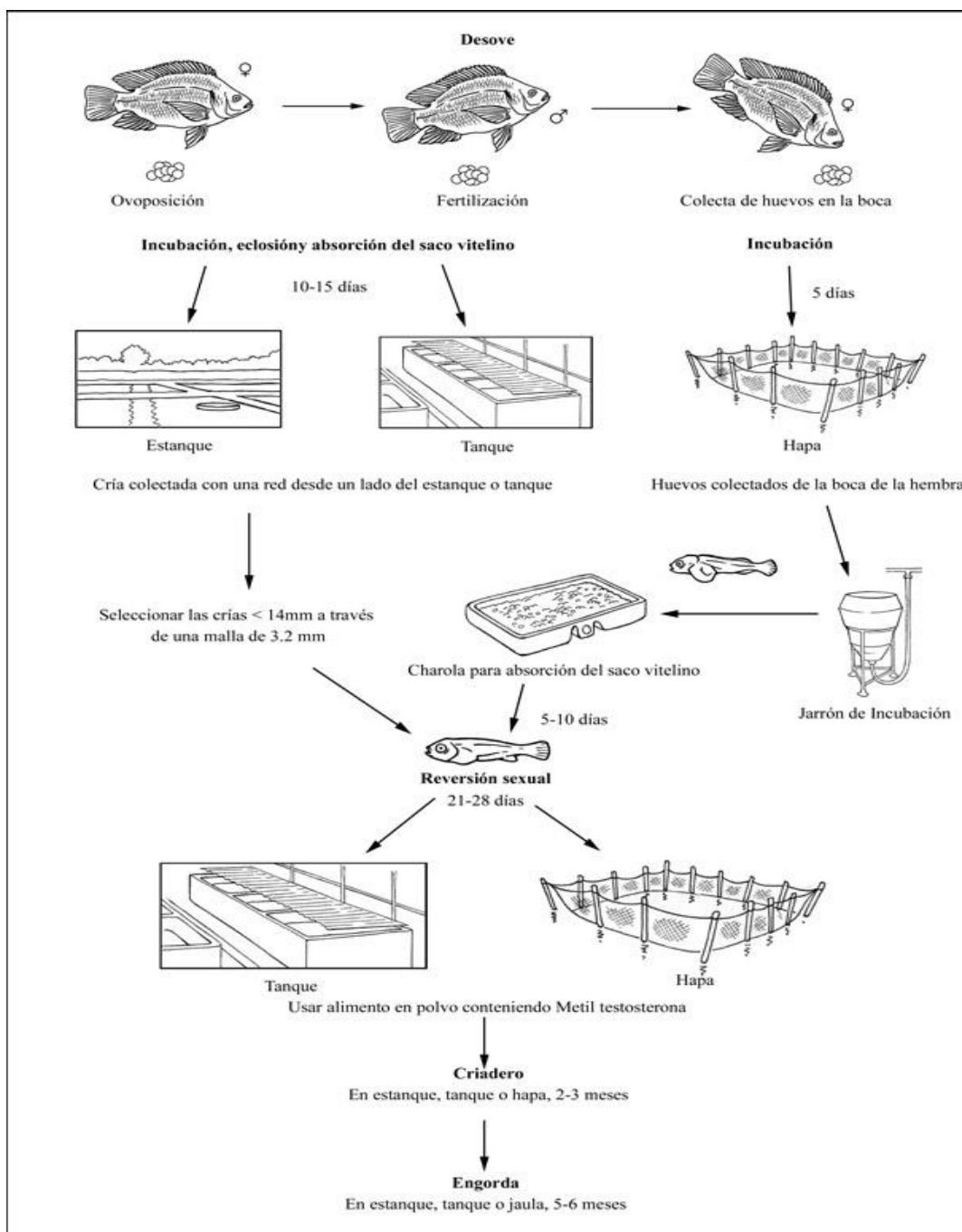
Fuente: Fabricante del alimento

Anexo 2. Morfología externa de la Tilapia



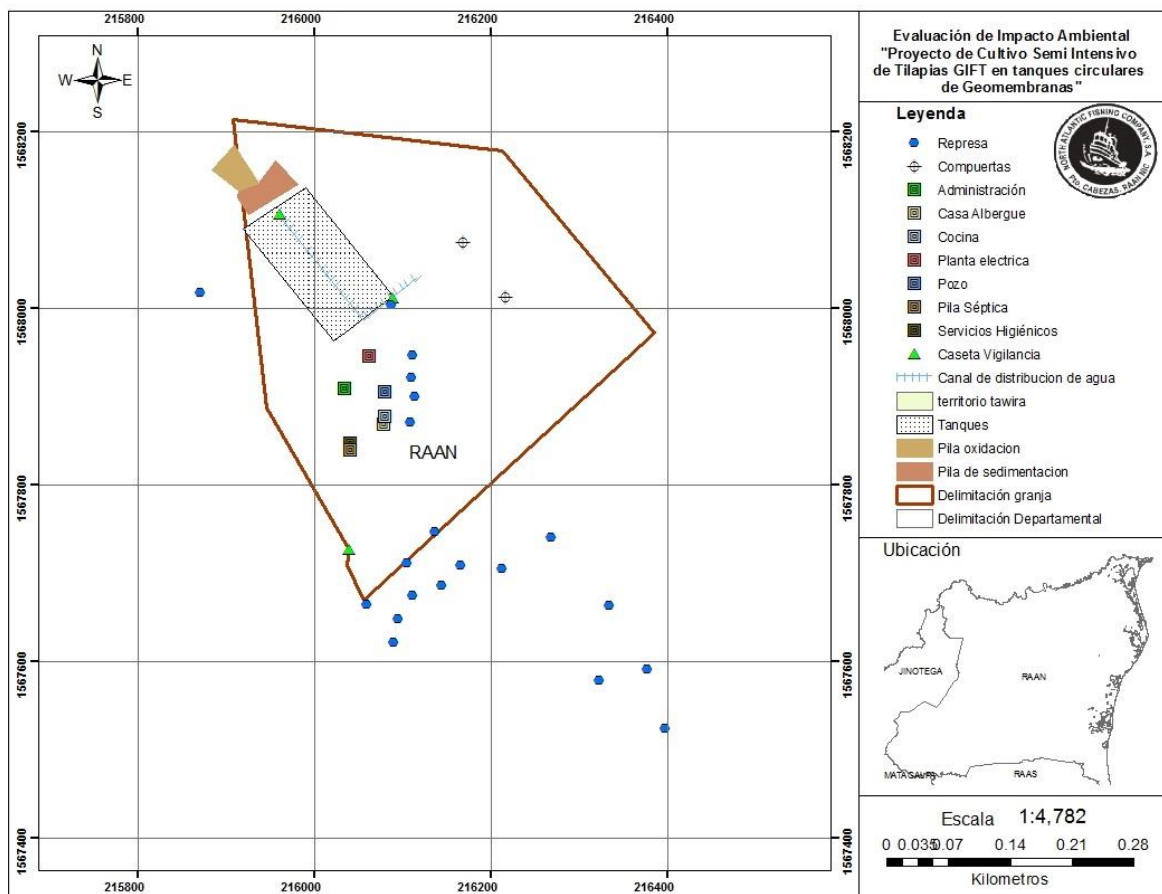
Fuente: (Morales Díaz, 2003).

Anexo 3: Ciclo de vida de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)



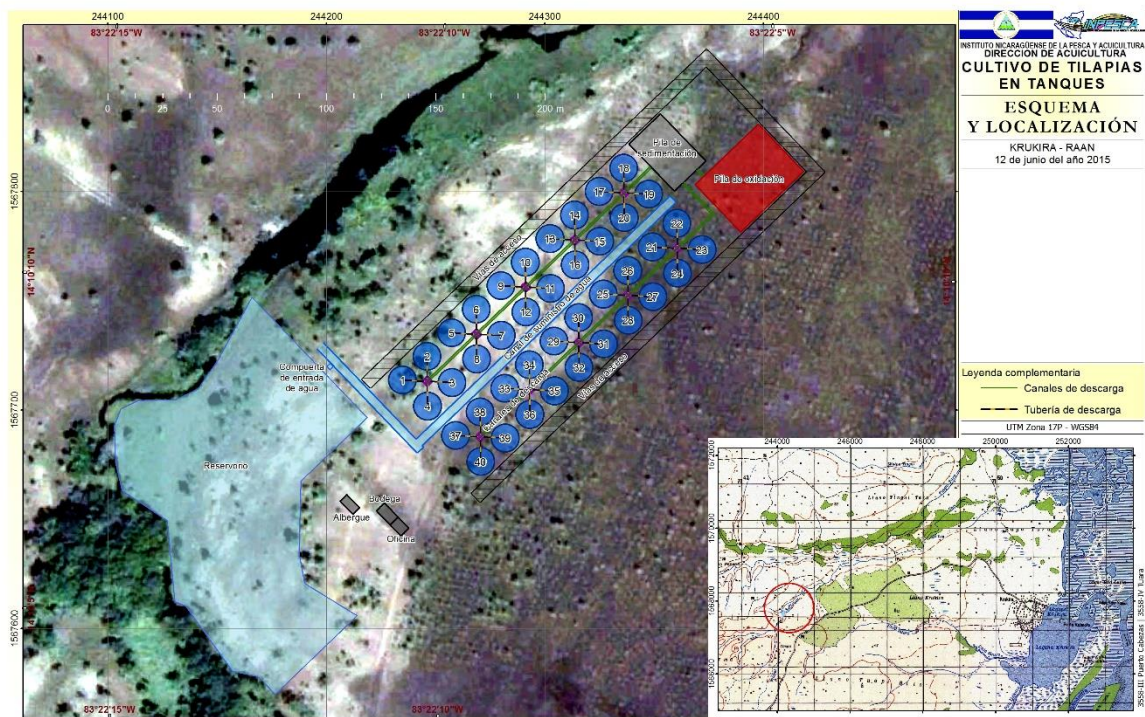
Fuente: FAO (2005-2018)

Anexo 4. Localización geográfica de la granja y distribución espacial de la presa, el canal de abasto principal de agua, los tanques de cultivo y las pilas de sedimentación.



Fuente: NAFCOSA

Anexo 5. Esquema y localización de la granja



Fuente: NAFCOSA

Anexo 6. Etiqueta del blower que se utilizó para aeración del agua



Fuente: Propia

Anexo 7. Formato de los Parámetros Físicos - químicos del Proyecto Cultivo de Tilapia NAFCOSA-KRUKIRA

Fecha: _____ / _____ / _____

	T° C			O ₂ (mg/litro)			% SATURACION		
	AM	AM	PM	AM	AM	PM	AM	AM	PM
A-1									
A-2									
A-3									
A-4									

	T° C			O ₂ (mg/litro)			% SATURACION		
	AM	AM	PM	AM	AM	PM	AM	AM	PM
A-5									
A-6									
A-7									
A-8									
A-9									
A-10									
A-11									
A-12									
A-13									
A-14									
A-15									
A-16									
A-17									
A-18									
A-19									
A-20									

Fuente: Propia

Anexo 8. Imágenes del canal de suministro de agua y muestreo de alevines (fase 1)



Fuente: propia

Anexo 9. Imagen del blower y tanque A20 durante la cosecha



Fuente: propia

Anexo 10. Imagen de la Tilapia *O. niloticus* cultivada en tanque de geomenbrana



Fuente: propia

Anexo 11. Imagen de cosecha en la segunda fase de cultivo



Fuente: propia

Anexo 12. Imagen de los tanques de geomenbrana



Fuente: Propia

Anexo 13. Listado de abreviaturas

FCA: factor de conversión alimenticia

M³: metros cúbicos

Mg/l: Miligramos Por litro

RD: Ración diaria

PC: proteína cruda

Kg/m³: kilogramos por metros cúbicos

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación